Editora Bernoulli

BIOLOGIA

Volume 06

Sumário - Biologia

BIOLOGIA

MÓDULO 11 FRENTE A

Mitose e meiose

Durante o seu ciclo de vida, uma célula eucariota pode passar pelas seguintes fases: **intérfase**, **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase.** Quando está em prófase, metáfase, anáfase e telófase, a célula encontra-se em processo de divisão ou reprodução celular; quando em intérfase, a célula não se encontra em divisão. Assim, temos:

Fases do ciclo celular:	Intérfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase.
Fases da divisão celular:	Prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Para entendermos as modificações que ocorrem nas células durante as fases da divisão, precisamos ver algumas características que as mesmas possuem quando se encontram em intérfase, isto é, quando não estão em divisão.

A intérfase apresenta as seguintes características:

- **Carioteca íntegra (inteira)** – Essa membrana separa o material citoplasmático do material nuclear. Na prófase (primeira fase da divisão), a carioteca se rompe em diversos fragmentos e, com isso, misturam-se os materiais citoplasmático e nuclear, deixando de existir uma nítida separação entre o núcleo e o citoplasma. Na última fase da divisão, isto é, na telófase, uma nova carioteca será formada a partir do retículo endoplasmático.
- **Nucléolo(s) visível(eis)** – O nucléolo é uma formação globosa resultante da concentração de inúmeras moléculas de RNA-r, produzidas a partir da zona SAT existente em certos cromossomos. Na prófase, essas moléculas se espalham pela célula e associam-se a moléculas de proteínas, formando os ribossomos. Assim, o nucléolo deixa de ser visto (desaparecimento do nucléolo). Na telófase (última fase da divisão), formam-se novos nucléolos a partir das zonas SAT de certos cromossomos.
- **Cromatina organizada formando finíssimos filamentos** – A cromatina se organiza formando finíssimos filamentos que alguns autores denominam cromonemas. Esses filamentos apresentam regiões de eucromatina (distendida) e de heterocromatina (espiralada). Ao começar a divisão celular, as regiões de eucromatina iniciam um processo de intensa espiralização, dando origem aos cromossomos.
- **Intensa atividade metabólica** – Na intérfase, a célula apresenta sua maior atividade metabólica, realizando praticamente todos os processos de síntese necessários ao seu desenvolvimento e função.

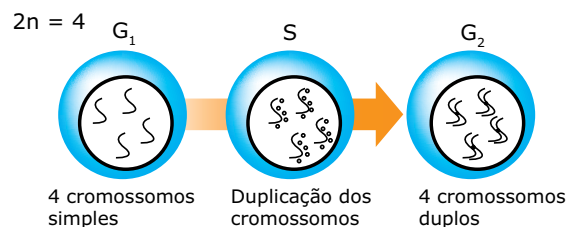
Quando se prepara para sofrer um processo de divisão, a célula, ainda na intérfase, duplica o seu material genético. Assim, quando uma célula inicia um processo de divisão, ela já está com o seu material genético duplicado. Dessa forma, podemos dividir a intérfase em três subfases ou períodos: G_1, S e G_2.

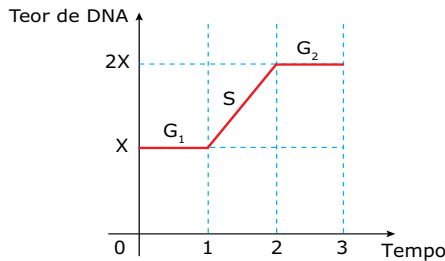
Intérfase

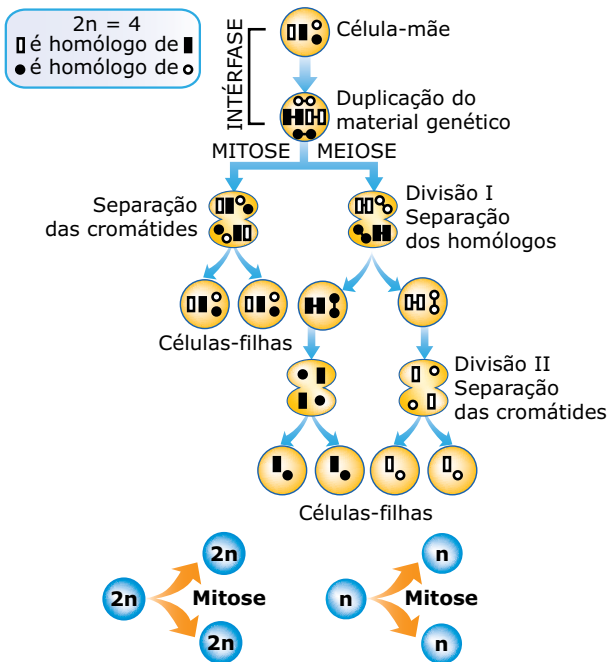
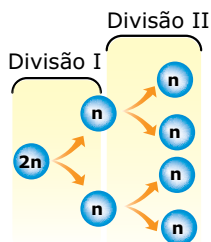
Subfase G_1: Período que antecede a duplicação do material genético. A célula possui cromossomos simples. O período G_1 parece ter um papel fundamental no controle da divisão celular. Durante esse período, algum mecanismo, ainda desconhecido, determina se a célula entrará ou não num processo de divisão. Recentemente, foi descoberto um gene específico, necessário para que a divisão celular ocorra. Esse gene é muito semelhante em organismos diferentes, como um homem e uma levedura.

Subfase S: Período em que está ocorrendo a duplicação do material genético (DNA).

Subfase G_2: Período em que todo o material genético já se encontra duplicado. A célula possui cromossomos duplos.

Pelo que acabamos de ver, se tivermos uma célula em intérfase, pertencente a uma espécie em que 2n = 4, essa célula terá 4 cromossomos simples na subfase G_1 e 4 cromossomos duplos quando estiver em G_2.

Uma célula diploide humana de um indivíduo normal terá 46 cromossomos simples em G_1 e 46 cromossomos duplos em G_2.

Através de um aparelho chamado citofotômetro, é possível medir a quantidade de DNA presente no núcleo das células. Assim, se medirmos o teor de DNA na subfase G_1, encontraremos uma quantidade X de DNA; na subfase S, a quantidade de DNA deverá ser superior a X, uma vez que, nesse período da intérfase, estão sendo produzidas novas moléculas de DNA através da duplicação; na subfase G_2, o teor de DNA deverá ser 2X, isto é, exatamente o dobro da quantidade de DNA existente em G_1, já que em G_2 todo o material genético nuclear se encontra duplicado. Com os resultados da medida do teor de DNA nuclear da célula nessas três subfases da intérfase, podemos construir um gráfico, como o da figura a seguir:

Logo após a subfase G_2, portanto com o material genético nuclear já duplicado, a célula inicia um dos processos de divisão celular: **mitose** ou **meiose**.

O esquema a seguir mostra a diferença básica ou fundamental entre esses dois processos.

Mitose *(do grego* mitos, *fio, filamento) – É um processo apenas equitativo de divisão. Resumidamente, podemos dizer que, durante uma mitose, ocorre a separação equitativa das cromátides, resultando na formação de duas células-filhas geneticamente idênticas e com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. É, portanto, um processo de divisão celular que conserva nas células o mesmo número de cromossomos. Assim, se uma célula 2n (diploide) realizar uma mitose, formam-se duas células-filhas também 2n; se uma célula n (haploide) realizar uma mitose, teremos a formação de duas células-filhas também haploides.*

Meiose *(do grego* meion, *menor) – Consta de duas divisões sucessivas (divisão I e divisão II). A divisão I é reducional, uma vez que reduz à metade o número de cromossomos nas células.*

Durante a divisão I da meiose, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, resultando na formação de células-filhas haploides (células que não apresentam pares de cromossomos homólogos). Na divisão II, à semelhança do que acontece na mitose, ocorre a separação equitativa das cromátides entre as células-filhas que se formam. Ao término da divisão I da meiose, formam-se duas células-filhas haploides com cromossomos duplos; ao término da divisão II, teremos quatro células-filhas haploides com cromossomos simples.

Os objetivos ou as finalidades desses processos de divisão também são diferentes.

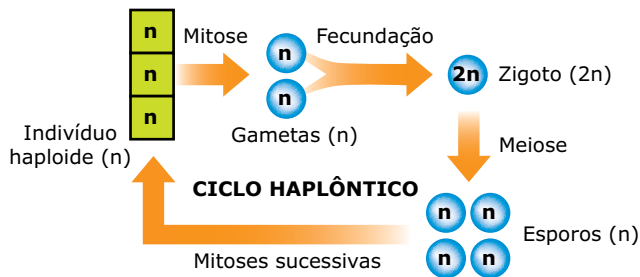
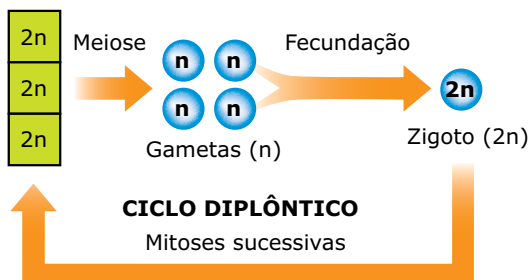
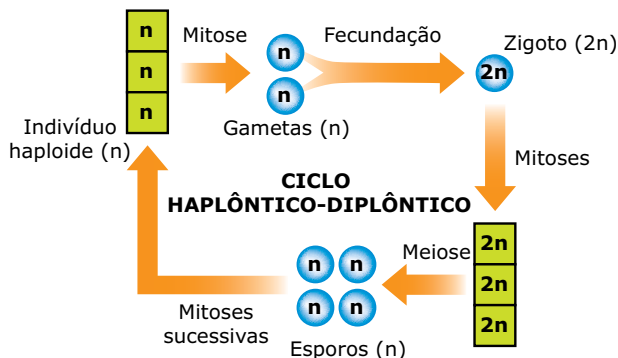
Objetivos da Mitose

- **Reprodução de seres unicelulares** – Em muitas espécies de seres unicelulares, a célula única que constitui o ser vivo, ao realizar uma mitose, origina dois seres vivos. Este, portanto, é um processo de reprodução da espécie. Ocorre, por exemplo, com muitas espécies de algas unicelulares e de protozoários.
- **Crescimento dos seres pluricelulares** – O crescimento de muitos tecidos e estruturas em organismos pluricelulares se deve ao aumento do número de células, devido a mitoses sucessivas, e não ao aumento do tamanho das células. Por exemplo: as células epiteliais, cartilaginosas, ósseas e sanguíneas de um recém-nascido são do mesmo tamanho das existentes num indivíduo adulto. Entretanto, o adulto tem um número maior de células nesses tecidos do que o recém-nascido.
- **Renovação de tecidos** – Alguns tecidos, como o epitelial de revestimento, estão em constante processo de renovação. Assim que as células desses tecidos completam seu período de vida e morrem, são substituídas por novas células formadas por meio de mitoses.
- **Regeneração, reposição e cicatrização de tecidos** – Muitos tecidos, quando lesados, têm células destruídas. Estas serão substituídas por novas células, formadas por meio de mitoses realizadas por células que não foram danificadas com a lesão.
- **Formação de gametas** – Nas espécies que têm ciclos reprodutivos haplôntico e haplôntico-diplôntico, os gametas (células reprodutoras) são formados por mitose.

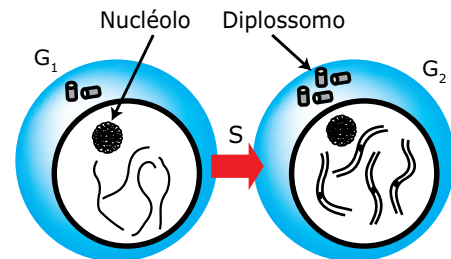
Objetivos da Meiose

- **Formação de gametas** – Ocorre nas espécies que têm ciclo reprodutivo diplôntico.
- **Formação de esporos** – Ocorre nas espécies de ciclo haplôntico e haplôntico-diplôntico.

Conforme acabamos de ver, os gametas podem ser formados tanto por mitose como por meiose, dependendo do ciclo reprodutivo da espécie.

Ciclos reprodutivos

Ciclo haplôntico (haplonte) *– Nesse ciclo, os indivíduos têm o corpo formado apenas por células haploides (n). Determinadas células n desses indivíduos, ao realizarem mitose, originam células também n, que são os gametas. A fusão (união) de dois gametas n, sendo de um mesmo indivíduo (autofecundação) ou de indivíduos diferentes (fecundação cruzada), origina o zigoto diploide (2n). O zigoto, encontrando condições favoráveis de desenvolvimento, realiza meiose (meiose zigótica), resultando em células n, chamadas de esporos. Cada esporo n, encontrando no meio condições favoráveis de desenvolvimento por mitoses sucessivas, formará um novo indivíduo haploide (n). Nas espécies que têm esse ciclo reprodutivo, os indivíduos são chamados de seres haplontes ou haplobiontes. Esse ciclo é encontrado, por exemplo, em algumas espécies de clorófitas (algas verdes).*

Ciclo diplôntico (diplonte) *– Nesse ciclo, os indivíduos têm o corpo formado por células diploides (2n). Determinadas células desses indivíduos, ao realizarem meiose, formam células haploides (n), que são os gametas. Por isso, diz-se que, nesse ciclo, a meiose é gamética. A união de dois gametas n origina o zigoto (2n). Esse zigoto, por mitoses sucessivas, origina um novo indivíduo diploide (2n). Os seres que apresentam esse ciclo reprodutivo são chamados de seres diplontes ou diplobiontes. A maioria dos animais (inclusive a espécie humana) e algumas espécies de algas verdes têm esse ciclo reprodutivo.*

Ciclo haplôntico-diplôntico (haplonte-diplonte) *– Nesse ciclo, existem indivíduos haploides (n) e indivíduos diploides (2n). Os indivíduos haploides, através de mitose, formam células também haploides (n), que são os gametas. A união de dois gametas n origina o zigoto 2n que, por mitoses sucessivas, forma um indivíduo diploide (2n). Os indivíduos diploides (2n), por meiose, formam células haploides (n), que são os esporos. Costuma-se dizer que nesse ciclo a meiose é espórica. Cada esporo, por mitoses sucessivas, forma um novo indivíduo haploide (n). Os seres que apresentam esse ciclo reprodutivo são chamados de haplodiplobiontes. Esse ciclo aparece em muitas espécies de algas, nas briófitas, nas pteridófitas, nas gimnospermas e nas angiospermas. É, portanto, um ciclo reprodutivo típico de plantas. Nas plantas, o indivíduo haploide (n), formador de gametas, é chamado de gametófito, enquanto o indivíduo diploide (2n), formador de esporos, é dito esporófito.*

MITOSE

Usaremos, como exemplo para descrever as diversas fases de uma mitose, uma célula eucariota diploide (2n), pertencente a uma espécie na qual o número 2n = 4.

Prófase

É a primeira fase da mitose. Nela, observamos as seguintes características:

- **Início da espiralização (condensação) dos cromossomos** – Os cromossomos já duplicados (lembre-se de que a duplicação ocorre na intérfase) começam a se espiralizar (condensar) e, à medida que vão se espiralizando, tornam-se mais curtos, porém mais grossos e, portanto, mais visíveis. O início da prófase é marcado pelo início da condensação dos cromossomos.
- **Desaparecimento do(s) nucléolo(s)** – As moléculas de RNA-r que formam o nucléolo começam a se espalhar pela célula e se associam a moléculas de proteínas, formando os ribossomos. Assim, à medida que a prófase progride, o(s) nucléolo(s), gradualmente, vai (vão) deixando de ser visto(s), até desaparecer(em) por completo ao final da prófase.
- **Início da formação do fuso** – O fuso mitótico (fuso acromático, aparelho mitótico) é um conjunto de fibras proteicas, formadas por microtúbulos, resultantes da polimerização de proteínas citoplasmáticas denominadas tubulinas. Quando a célula possui diplossomo, na intérfase, dá-se a duplicação dessas organelas e, na prófase, as fibras do fuso organizam-se entre os pares de centríolos. Assim, à medida que as fibras do fuso vão se alongando, os diplossomos são empurrados para os polos celulares. Ao redor de cada par de diplossomos, surgem também fibras de proteínas que, dispostas radialmente, formam o áster.

Devido à presença dos diplossomos e, consequentemente, do áster, fala-se que nessas células a mitose é cêntrica e astral. Quando as células não possuem diplossomo, como nos vegetais superiores, o fuso forma-se com a mesma eficiência. Quando não têm diplossomo, também não terão áster e, nesse caso, fala-se que a mitose é acêntrica e anastral.

- **Desaparecimento da carioteca** – Ao final da prófase, a membrana nuclear (carioteca) fragmenta-se em diversos pedaços e, com isso, o material citoplasmático mistura-se com o material nuclear. Conforme vimos, o sistema de fibras que constitui o fuso mitótico, cuja função é separar os cromossomos e encaminhá-los para os polos celulares, começa a se formar na prófase. Uma vez que o fuso se forma no citoplasma, é necessário que a carioteca desapareça para permitir que os cromossomos entrem em contato com as fibras do fuso. Essa fragmentação da carioteca marca o fim da prófase e o início da metáfase. Para alguns autores, essa fragmentação caracteriza uma outra fase da divisão celular que eles denominam de prometáfase.

Metáfase

O termo metáfase (do grego *meta*, meio) faz alusão ao fato de os cromossomos, nessa fase, arranjarem-se na região mediana (equatorial) da célula. A metáfase mitótica apresenta as seguintes características:

- **Máximo desenvolvimento do fuso** – Os microtúbulos do fuso mitótico, que começaram a se formar na prófase, atingem na metáfase o seu máximo desenvolvimento. Nesse fuso, distinguimos os microtúbulos polares (ou fibras contínuas) que se dispõem de um polo celular a outro e os microtúbulos cinetocóricos (ou fibras cromossômicas) que se ligam aos cinetócoros de cada cromátide-irmã. Nas células que possuem centríolos, também existem microtúbulos dispostos radialmente a partir de cada diplossomo, formando áster.

- **Máxima espiralização dos cromossomos** – A espiralização dos cromossomos, que teve início na prófase, atinge o seu grau máximo na metáfase. Essa máxima espiralização dos cromossomos faz com que essas estruturas se tornem mais curtas, porém mais grossas. Por isso, a metáfase é a melhor fase para visualização e estudo dos cromossomos. Estes, altamente condensados (espiralados), ligam-se às fibras do fuso por meio dos centrômeros.

  Como na metáfase, os cromossomos que se encontram no máximo de sua espiralização são mais facilmente visualizados. Algumas substâncias, como a colchicina, podem ser utilizadas experimentalmente para interromper a mitose nessa fase. Com isso, é possível estudar melhor o número, a forma e o tamanho dos cromossomos. A colchicina age impedindo a organização dos microtúbulos do fuso sem, contudo, impedir a condensação dos cromossomos.

- **Ordenação (alinhamento) dos cromossomos no plano equatorial** – Todos os cromossomos se dispõem no mesmo plano, no equador (região mediana) da célula, formando a chamada placa equatorial ou placa metafásica. A ligação dos cromossomos ao fuso permite que as cromátides-irmãs (cromátides unidas pelo centrômero) fiquem corretamente direcionadas, cada uma voltada para um dos polos da célula. Dá-se o nome de metacinese ao movimento dos cromossomos em busca da sua ordenação na região mediana da célula.

Anáfase

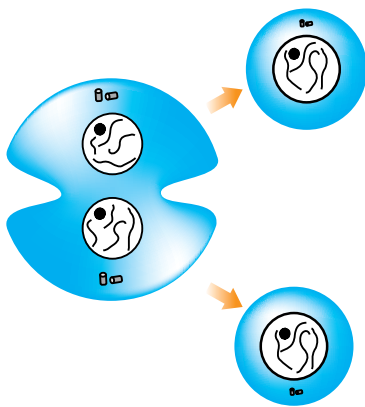
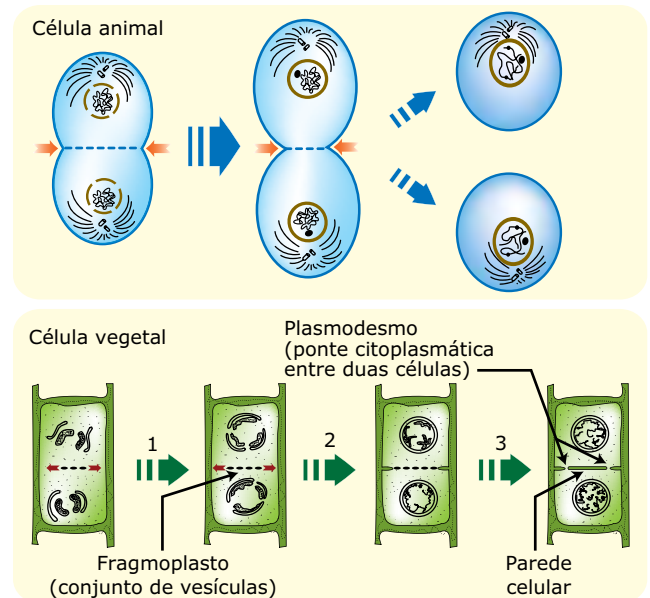
O termo anáfase (do grego *ana*, separação) refere-se à separação das cromátides-irmãs de cada cromossomo para os polos opostos da célula. Essa fase caracteriza-se por:

- **Encurtamento das fibras do fuso** – As fibras do fuso, às quais se prendem os centrômeros, sofrem um encurtamento ou retração, puxando as cromátides (que agora já são cromossomos simples) para os polos celulares.

- **Ascensão polar dos cromossomos ou migração dos cromossomos-irmãos para os polos** – Os cromossomos-irmãos (resultantes da separação das cromátides-irmãs) separam-se, sendo puxados pelas fibras do fuso para os polos celulares opostos. Assim, cada polo da célula recebe o mesmo material cromossômico. A anáfase termina quando os cromossomos chegam aos polos.

Telófase

É a fase final (do grego *telos*, fim) da mitose. Suas principais características são:

- **Descondensação ou desespiralização dos cromossomos** – Os cromossomos simples, já situados nos polos celulares, desespiralizam-se.
- **Desaparecimento das fibras do fuso** – As moléculas de tubulina que formam as fibras do fuso (microtúbulos) sofrem despolimerização e espalham-se pela célula.
- **Reorganização (reaparecimento) da carioteca** – Em cada polo celular, em torno de cada conjunto cromossômico, organiza-se uma carioteca, formada a partir das membranas do retículo endoplasmático. Começa, então, a organização de um núcleo em cada polo celular.
- **Constituição (reaparecimento) do(s) nucléolo(s)** – Em cada núcleo que se organiza em cada polo da célula, reaparece(m) o(s) nucléolo(s), formado(s) a partir da zona SAT existente em certos cromossomos.
- **Citocinese** – O citoplasma celular divide-se em duas metades iguais, surgindo, assim, duas células-filhas. Quando ocorre essa divisão, há também uma distribuição equitativa dos orgânulos citoplasmáticos entre as duas células-filhas. Muitas vezes a citocinese tem início na anáfase e termina ao final da telófase.

Nas células animais, a citocinese é centrípeta (de fora para dentro) e decorre da invaginação da membrana plasmática que divide a célula em duas outras; nas células dos vegetais, a citocinese é centrífuga (de dentro para fora) e decorre da formação de microvesículas, denominadas fragmoplastos, oriundas do sistema golgiense e repletas de substâncias pécticas (pectinas) que se organizam na região central do citoplasma. Ao se fundirem, essas microvesículas vão dividindo a célula do centro para a periferia até separá-las em duas metades (duas células-filhas). Com essa divisão, as substâncias pécticas se dispõem entre as duas células-filhas, formando a lamela média.

Citocinese – ***1.*** *Organização centrífuga das vesículas originadas do sistema golgiense. Essas vesículas são ricas em pectina.* ***2.*** *As vesículas fundem-se, formando uma lâmina que separa as duas células-filhas. Essa lâmina, rica em pectina, é a lamela média. Em alguns pontos dessa lamela, a separação entre as células não é completa, originando os plasmodesmos.* ***3.*** *Posteriormente, ocorre deposição de celulose ao redor da lamela média, mas não há deposição nos plasmodesmos.*

Apesar de as características básicas serem as mesmas, existem algumas diferenças entre a mitose de células animais e a de células dos vegetais superiores. Assim,

- nos animais, a mitose é cêntrica (presença de centríolos), enquanto, nos vegetais superiores, é acêntrica (ausência de centríolos).
- nos animais, a mitose é astral (presença do áster ao redor dos diplossomos), enquanto, nos vegetais superiores, é anastral (ausência de áster).
- nos animais, a citocinese é centrípeta, enquanto, nos vegetais, é centrífuga.

A mitose é o processo de divisão celular mais frequentemente encontrado nos seres vivos. Algumas linhagens de células apresentam um ciclo vital curto e são continuamente produzidas por mitoses que, por sua vez, permitem a renovação constante dos tecidos em que ocorrem. Outras têm ciclo vital médio que pode durar meses ou anos. Tais células são produzidas por mitoses durante o período de crescimento do organismo, e sua capacidade de divisão cessa na idade adulta. Entretanto, tais células podem voltar a realizar mitoses em algumas condições excepcionais, como na regeneração de tecidos (uma fratura óssea, por exemplo). Finalmente, existem células dotadas de ciclo vital longo, que são produzidas apenas durante o período embrionário. Na eventual morte dessas células, não há reposição, uma vez que o indivíduo já nasce com um número definido das mesmas.

MEIOSE

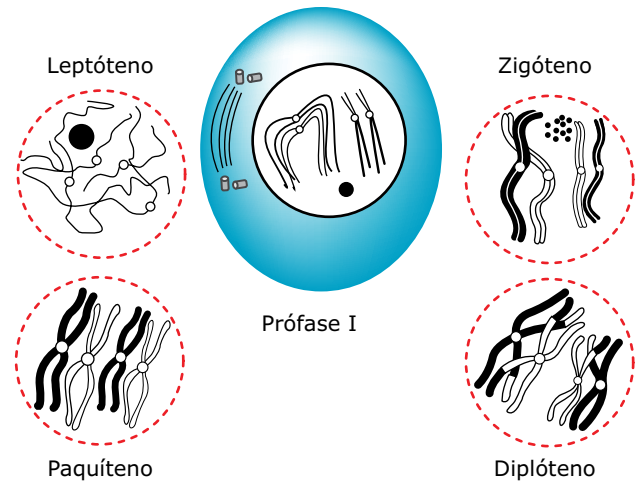
A meiose consta de duas divisões sucessivas: divisão I e divisão II. As diversas fases de uma meiose estão relacionadas no quadro a seguir:

<table>
<tr><td rowspan="2">Divisão I (Reducional)</td><td>Prófase I</td><td>Leptóteno
Zigóteno
Paquíteno
Diplóteno
Diacinese</td></tr>
<tr><td colspan="2">Metáfase I
Anáfase I
Telófase I</td></tr>
<tr><td>Divisão II (Equacional)</td><td colspan="2">Prófase II
Metáfase II
Anáfase II
Telófase II</td></tr>
</table>

A prófase I é subdividida em cinco períodos ou subfases (leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese). A divisão II apresenta as mesmas características de uma mitose. Assim, as características da prófase II, por exemplo, são idênticas às da prófase da mitose. Entre o término da divisão I e o início da divisão II, pode existir ou não um pequeno intervalo de tempo denominado intercinese.

Usaremos, como exemplo para descrever a meiose, uma célula na qual 2n = 4 (2 pares de cromossomos homólogos).

Prófase I

No decorrer da prófase I, há características que são exclusivas dessa fase e outras que são semelhantes às da prófase mitótica. No período leptóteno, os cromossomos, apesar de já duplicados, não mostram suas cromátides individualizadas, isto é, ainda não é possível distinguir as duas cromátides de cada cromossomo devido à pouca espiralização dos mesmos. No zigóteno, ocorre o pareamento ou sinapse dos cromossomos homólogos: cada cromossomo fica ao lado do seu homólogo. Nesse período, os cromossomos já se encontram um pouco mais espiralizados, porém ainda não é possível distinguir as duas cromátides de cada um. No paquíteno, pela primeira vez na prófase I, são visualizadas as duas cromátides de cada cromossomo (cromátides-irmãs). Cada par de cromossomos homólogos duplos emparelhados recebe a denominação de tétrade ou bivalente. Nesse período, pode ter início também o fenômeno do *crossing-over* (permutação). O *crossing-over* é uma troca de segmentos (pedaços) entre cromátides homólogas, permitindo, assim, uma recombinação gênica (recombinação de genes) entre cromossomos homólogos e, consequentemente, um aumento da variabilidade genética dentro da espécie. Esse fenômeno começa no paquíteno e termina no período seguinte, isto é, no diplóteno. Após a troca de segmentos, os homólogos começam a se afastarem uns dos outros. O último ponto de separação entre os homólogos é exatamente aquele em que ocorreu o *crossing-over*. Assim, é comum no diplóteno a visualização de pontos de contato entre cromátides homólogas. Esses pontos são denominados quiasmas e indicam os locais onde se deu a troca de segmentos, isto é, indicam os locais de ocorrência do *crossing-over*. Na diacinese, último período da prófase I, ocorre a terminalização dos quiasmas, isto é, estes escorregam para as extremidades das cromátides.

Prófase I *– Detalhes sobre o fenômeno da permutação.*

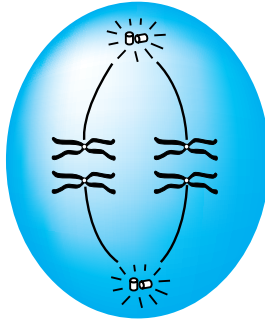
Podemos, então, resumir as características da prófase I da seguinte maneira:

- **Desaparecimento do nucléolo.**
- **Início da formação do fuso meiótico.**
- **Início da espiralização dos cromossomos.**
- **Pareamento ou emparelhamento dos cromossomos homólogos.**
- **Aparecimento das tétrades ou bivalentes.**
- **Ocorrência do *crossing-over*.**
- **Visualização dos quiasmas.**
- **Terminalização dos quiasmas.**
- **Desaparecimento da carioteca.**

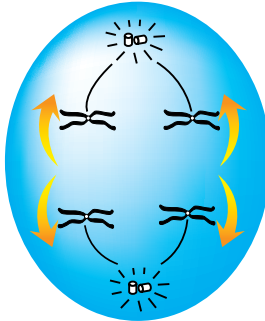
Metáfase I

Nessa fase da meiose, temos:

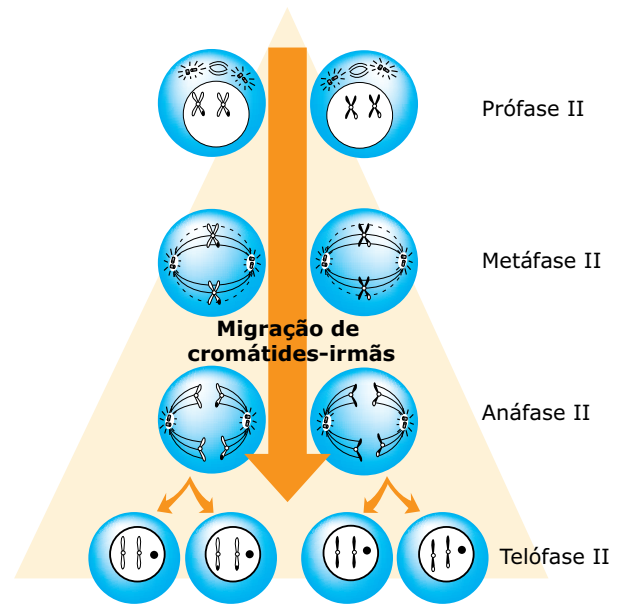
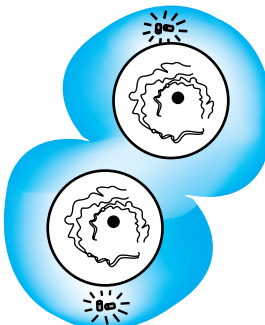
- **Máximo desenvolvimento do fuso** – Assim como na metáfase mitótica, as fibras do fuso se dispõem de um polo celular a outro.
- **Cromossomos homólogos emparelhados dispostos no plano equatorial** – Cada par de cromossomos homólogos encontra-se ligado a uma mesma fibra do fuso por meio dos centrômeros.

- **Máxima espiralização dos cromossomos**.

Anáfase I

Ao contrário do que acontece na mitose, na anáfase I, não ocorre a separação das cromátides, mas, do mesmo modo que na anáfase mitótica, acontece um encurtamento das fibras do fuso, puxando os cromossomos para os polos celulares. Assim, na anáfase I, temos:

- **Encurtamento das fibras do fuso**.
- **Separação dos cromossomos homólogos** – Os cromossomos homólogos, ainda duplos, são puxados para os polos celulares opostos.

Telófase I

A última fase da divisão meiótica I caracteriza-se por:

- **Desespiralização dos cromossomos.**
- **Reaparecimento do(s) nucléolo(s).**
- **Reaparecimento da carioteca.**
- **Desaparecimento do fuso.**
- **Citocinese.**
- **Formação de duas células-filhas haploides (n) com cromossomos duplos.**

***Divisão II da meiose –** Cada uma das células-filhas formadas ao término da divisão I realizará a divisão II, cujas características são idênticas às da mitose.*

LEITURA COMPLEMENTAR

Câncer: neoplasia maligna

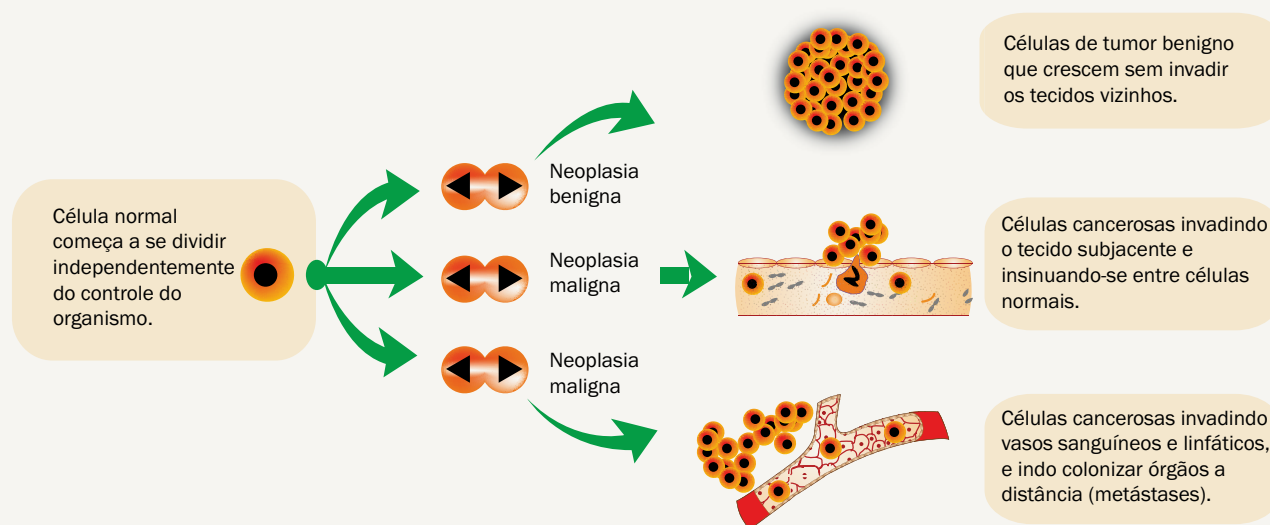
O câncer não é uma única doença, mas diferentes doenças que têm muitas características em comum. Existem, portanto, diferentes tipos de câncer. Alguns podem permanecer quase inalterados por muitos anos e praticamente não têm impacto na expectativa de vida. Outros, ao contrário, podem ser fatais logo após serem descobertos. Todos os tipos de câncer estão relacionados a alterações no DNA. Assim, todos os agentes mutagênicos podem levar ao aparecimento de células cancerosas. Essas mutações, na maioria das vezes, ocorrem em linhagem de células somáticas e, portanto, não são hereditárias, já que alteram genes de células não produtoras de gametas. Apenas 10% de todo câncer é hereditário. Frequentemente, a forma hereditária do câncer é clinicamente semelhante à forma não hereditária. O câncer hereditário normalmente se manifesta muito cedo na vida das pessoas, enquanto a forma não hereditária é mais frequente em pessoas mais idosas.

A doença se forma a partir de uma única célula cujo DNA foi danificado por meio de uma mutação. Através da mitose, essa mutação é transmitida para as células-filhas, que vão sofrendo e acumulando outras mutações. As mutações sucessivas das descendentes da célula inicial acabam originando a célula cancerosa. O acúmulo de mutações por uma célula e suas descendentes é um processo lento, e isso, provavelmente, explica a maior incidência de câncer não hereditário nas pessoas mais idosas. Nos Estados Unidos, por exemplo, o câncer era menos comum há um século. Naquele tempo, como ainda acontece hoje em muitas regiões pobres do mundo, pessoas morriam de doenças infecciosas e não viviam tempo suficiente para desenvolver câncer.

Uma das características das células cancerosas, e que as diferenciam das células normais das quais se originaram, é sua grande capacidade de proliferação por meio de mitoses sucessivas. Entretanto, trata-se de uma neoplasia (proliferação celular anormal), uma vez que a célula cancerosa perde o controle sobre a divisão celular. Muitas células cancerosas ativam um gene para a produção da telomerase, enzima necessária para a reconstituição das partes perdidas dos telômeros (partes dos telômeros que vão sendo cortadas à medida que as células se dividem). Assim, os telômeros não se tornam mais curtos e, desse modo, as células não morrem e passam a se multiplicar de forma descontrolada.

A neoplasia (novo crescimento) leva à formação de uma grande massa de células denominada neoplasma ou tumor, que pode ser benigno ou maligno. Geralmente, os tumores malignos são chamados de câncer, para distingui-los dos benignos.

No tumor benigno (neoplasma benigno), as células permanecem localizadas, prejudicando apenas o órgão no qual se originou o tumor, sem invadir tecidos vizinhos, que, no entanto, podem ser comprimidos e prejudicados. Nesses tumores, a proliferação celular é seguida de diferenciação celular. Por isso, muitos tumores benignos que ocorrem em glândulas endócrinas secretam grande quantidade de hormônios, o que pode causar sérios distúrbios no organismo. Geralmente, esses tumores são curados pelo tratamento cirúrgico.

Nos tumores malignos (neoplasmas malignos), embora também haja intensa e desordenada multiplicação celular, o processo de diferenciação celular é interrompido. Assim, a célula deixa de fabricar as proteínas típicas de sua equivalente normal. Além disso, perdem a capacidade de aderência, secretam enzimas que atacam a matriz extracelular, invadem os tecidos vizinhos e secretam moléculas que estimulam a angiogênese (neoformação vascular), ou seja, formação de novos capilares sanguíneos. Esses capilares são necessários para garantir o adequado suprimento de nutrientes, de fatores de crescimento e de oxigênio, como também para se ter uma via de eliminação dos seus catabólitos, que são levados pelo sangue para os órgãos de excreção. As células cancerosas também podem penetrar nos vasos sanguíneos e linfáticos e se espalhar pelo organismo, chegando, através da circulação, a outros órgãos do corpo, onde produzem tumores secundários: as metástases. Por isso, o tratamento cirúrgico dos tumores malignos só é eficaz se realizado antes das metástases.

Nem todas as células que se separam do tumor inicial e caem na circulação sanguínea ou linfática conseguem chegar a outros tecidos e estabelecer a formação de metástases. A maioria delas é destruída por diversos processos, como a ruptura na travessia da parede do vaso, o ataque sofrido pelas moléculas de defesa imunitária e a fagocitose por macrófagos.

Embora descendentes de uma célula ancestral única, existem diferenças genéticas, morfológicas e moleculares entre as células de um mesmo tumor. Essas diferenças, notadamente entre seus genes, explicam por que nem todas têm a mesma malignidade. As mais malignas, entretanto, tendem a predominar no tumor, por serem mais aptas e vencerem o processo competitivo com as demais.

O polimorfismo celular é uma das características dos tumores cancerígenos. Em geral, as células cancerosas também são mais volumosas do que as células normais que lhes deram origem. Muitas são aneuploides ou poliploides, isto é, possuem um número anormal de cromossomos e, por isso, as células de um mesmo tumor podem ter núcleos de diversos tamanhos. Além das frequentes alterações no número de cromossomos, a maioria das células cancerosas apresentam também modificações na forma e no tamanho de certos cromossomos. Também são comuns células binucleadas ou polinucleadas. As mitoses são abundantes, com alta frequência de divisões anômalas. Como se multiplicam muito, geralmente, têm citoplasma basófilo, devido à riqueza de ribossomos, o que acontece com todas as células em proliferação. O retículo endoplasmático e o sistema golgiense normalmente são pouco desenvolvidos, e as mitocôndrias e os lisossomos, pouco numerosos. No entanto, as maiores alterações citoplasmáticas das células cancerosas acontecem no citoesqueleto.

Enquanto as células normais têm microtúbulos, filamentos intermediários e filamento de actina bem organizados em todo o citoplasma, nas células cancerosas, o citoesqueleto é reduzido ou completamente desorganizado, com a concentração dos microtúbulos e filamentos intermediários nas proximidades do núcleo e os filamentos de actina localizados principalmente na região periférica do citoplasma, sob a membrana celular. Esses filamentos de actina devem participar do aumento da mobilidade e da facilidade de migração e invasão dos tecidos vizinhos que se observa nas células cancerosas. Foi demonstrado que, nas células cancerosas, as proteínas da membrana têm maior mobilidade, o que pode estar relacionado a uma menor fixação pelo citoesqueleto.

Alterações também ocorrem na membrana plasmática das células cancerosas, sendo comum o surgimento de novas moléculas de proteínas, como a maior quantidade de proteínas transportadoras de glicose para o citoplasma. Também aparecem antígenos fetais, o que é considerado um indício de desdiferenciação da célula tumoral. Como seria de se esperar, pelo seu comportamento, as células cancerosas são deficientes em estruturas juncionais, ou seja, estruturas que promovem a união com células vizinhas. A perda da adesão, separando uma célula da outra, contribui para que as células malignas soltas sejam levadas pelo sangue ou pela linfa, produzindo tumores à distância, as metástases.

Quase todos os tipos celulares do organismo podem gerar tumores. Como existem muitos tipos diferentes de células normais, existem também muitos tipos diferentes de células cancerosas, produzindo tumores que diferem acentuadamente quanto ao grau de malignidade e à resposta ao tratamento. Todavia, certas células originam tumores com mais frequência do que outras, como as células com grande capacidade de proliferação (células epiteliais e as da medula óssea, por exemplo). Quanto mais vezes o DNA se replica, maior a possibilidade de mutações, por falhas no processo de síntese da nova molécula de DNA e na reparação do DNA defeituoso, ou seja, há menos tempo para que os mecanismos de reparo do DNA funcionem antes que a replicação ocorra novamente. No adulto, cerca de 90% dos tumores derivam de epitélios. Além de sua renovação constante, as células epiteliais que revestem o corpo e as cavidades internas, como boca, vias respiratórias, esôfago e estômago, estão mais sujeitas à ação dos agentes cancerígenos presentes nos alimentos e no ambiente.

O câncer pode ser classificado de acordo com o tipo de célula normal que o originou, e não de acordo com os tecidos para os quais se espalhou. Como exemplos, podemos citar:

- **Carcinomas** – São, indiscutivelmente, os tipos mais comuns de câncer. Originam-se de células epiteliais de revestimento.
- **Adenocarcinomas** – São tumores malignos originados de células epiteliais secretoras.
- **Sarcomas** – Originam-se de tecidos de suporte (tais como tecido ósseo, tecido muscular, tecido conjuntivo fibroso). Ex.: osteossarcoma (originado do osteoblasto).
- **Melanomas** – Câncer de pele que se origina dos melanócitos (células que produzem o pigmento melanina).
- **Leucemias** – Originam-se de células da medula óssea que produzem os glóbulos brancos (leucócitos).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) Analise os seguintes enunciados:

I. A mitose é um processo de divisão celular na qual a célula se divide produzindo duas células-filhas iguais.

II. A duplicação do DNA, nas células que irão sofrer mitose, ocorre na intérfase.

III. *Locus* gênico é o local ocupado por um gene no cromossomo.

Agora, assinale a alternativa **CORRETA**.

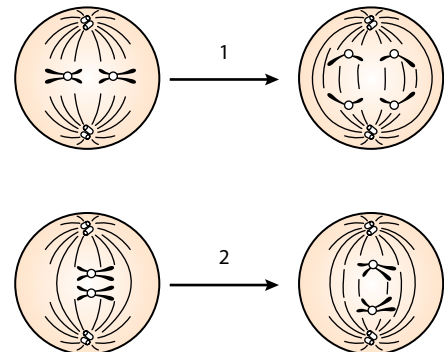
A) Apenas a afirmação I está errada.

B) Todas as afirmações estão erradas.

C) Todas as afirmações estão corretas.

D) Apenas uma afirmação está correta.

E) Apenas uma afirmação está errada.

02. (Cesgranrio) Os esquemas 1 e 2 mostrados representam estágios funcionais do núcleo celular e estão relacionados com a divisão celular. Eles nos permitem afirmar que

I. o processo 1 ocorre na mitose e o processo 2, na meiose.

II. tanto o processo 1 quanto o processo 2 ocorrem na meiose, enquanto o processo 2 não se encontra na mitose.

III. os processos 1 e 2 ocorrem tanto na meiose quanto na mitose.

Assinale

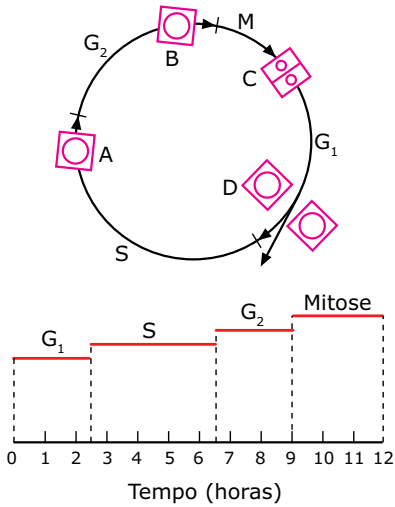
A) se somente I for verdadeira.

B) se somente II for verdadeira.

C) se somente III for verdadeira.

D) se somente I e II forem verdadeiras.

E) se somente I e III forem verdadeiras.

03. (UNIRIO-RJ) A figura representa o ciclo celular e um diagrama da duração das diferentes etapas desse ciclo em determinadas células.

Quanto tempo é necessário para que essas células dupliquem o seu DNA?

A) 2 horas e 30 minutos
B) 3 horas
C) 4 horas
D) 6 horas e 30 minutos
E) 9 horas

04. (PUC RS) Para fazer o estudo de um cariótipo, qual fase da mitose seria mais **ADEQUADA** usar, tendo em vista a necessidade de se obter a maior nitidez dos cromossomos, em função do seu maior grau de espiralização?

A) Prófase
B) Prometáfase
C) Anáfase
D) Telófase
E) Metáfase

05. (PUC Minas) São características **EXCLUSIVAS** da meiose em relação à mitose:

A) Desaparecimento da carioteca e duplicação do DNA.
B) Duplicação do centríolo e formação da placa equatorial.
C) Formação do fuso e presença de áster.
D) Formação de células haploides e separação de cromátides.
E) *Crossing-over* e pareamento de homólogos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FCMSC-SP) A colchicina é uma substância que despolimeriza as fibras do fuso de divisão, impedindo que este se forme. Em um meio de cultura, foram colocadas 5 células, em diferentes estágios do ciclo celular: duas estavam em intérfase, duas estavam em prófase e a última estava em telófase. Imediatamente depois, colocou-se a colchicina. Após um certo tempo, contando-se as células presentes em tal meio, espera-se encontrar um total de quantas células?

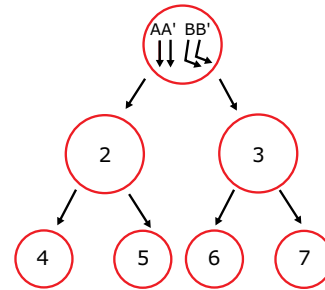
A) Seis
B) Sete
C) Oito
D) Nove
E) Dez

02. (PUC Minas) Na metáfase mitótica, os cromossomos encontram-se no plano equatorial, duplicados. Suas unidades permanecem unidas por um mesmo centrômero, sendo denominadas

A) cromômeros.
B) cromonemas.
C) cromátides.
D) cromatinas.
E) cromossomos.

03. (PUC Minas) É **INCORRETO** afirmar sobre a meiose:

A) Na divisão equacional, ocorre separação de cromátides.
B) Na divisão reducional, ocorre separação dos cromossomos homólogos.
C) No final da 1ª divisão, formam-se duas células diploides.
D) No final do processo, são formadas quatro células haploides.
E) No processo, pode haver *crossing-over.*

04. (UFMG)

O esquema mostra uma meiose normal, em que a célula inicial apresenta dois pares de cromossomos homólogos: **A** e **A'**, **B** e **B'**. Qual a alternativa **ERRADA**?

A) 6 e 7 terão o mesmo número de cromossomos que 3.
B) 5 possuirá a metade do número de cromossomos de 1.
C) Se 4 possuir o cromossomo A, 5 não poderá ter o cromossomo A'.
D) 4 poderá ter qualquer uma das combinações cromossômicas seguintes: AB, A'B, AB' e A'B'.
E) 2 poderá conter os cromossomos A e A' e 3, os cromossomos B e B'.

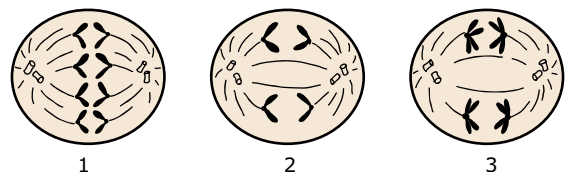
05. (PUC-SP) A desespiralização dos cromossomos, o desaparecimento do fuso, o reaparecimento do nucléolo e a citocinese são fenômenos que caracterizam uma das fases da mitose. Trata-se da

A) anáfase.
B) telófase.
C) metáfase.
D) prófase.
E) intérfase.

06. (UFMG) Suponha um ser vivo que contenha quatro cromossomos em suas células diploides. Suponha, ainda, que esse indivíduo tenha células em divisão, umas por mitose e outras por meiose.

1

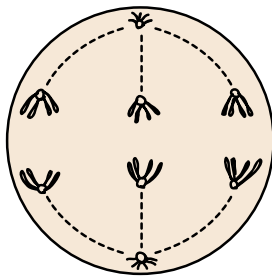
2

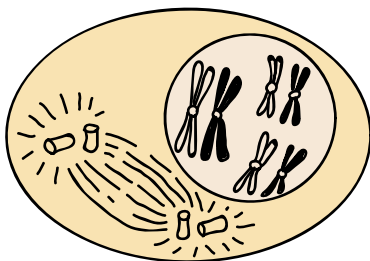
3

Os esquemas 1, 2 e 3 representam, respectivamente,

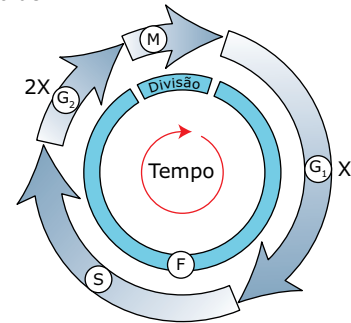
A) anáfase da mitose – anáfase da divisão II da meiose – anáfase da divisão I da meiose.
B) anáfase da divisão I da meiose – anáfase da divisão II da meiose – anáfase da mitose.
C) anáfase da mitose – anáfase da divisão I da meiose – anáfase da divisão II da meiose.
D) anáfase da divisão II da meiose – anáfase da mitose – anáfase da divisão I da meiose.
E) anáfase da divisão I da meiose – anáfase da mitose – anáfase da divisão II da meiose.

07. (UFMG) Na mitose e na meiose, a separação e o movimento dos cromossomos para os polos da célula caracterizam a

A) metáfase. C) anáfase. E) telófase.
B) intérfase. D) prófase.

08. (UFMG) Para uma espécie que tem três pares de cromossomos nas células somáticas, o esquema a seguir representa

A) metáfase II.
B) anáfase II.
C) anáfase da mitose.
D) metáfase da mitose.
E) anáfase I.

09. (UFMG) Observe a célula esquematizada. Os aspectos ressaltados no citoplasma e no núcleo caracterizam a

A) intérfase – período S.
B) mitose – prófase.
C) mitose – anáfase.
D) meiose – prófase I.
E) meiose – anáfase II.

10. (UFMG) O diagrama a seguir representa o ciclo de vida de uma célula somática humana, em que X representa o conteúdo de DNA.

Com base nas informações do diagrama e em seus conhecimentos, é **INCORRETO** afirmar que

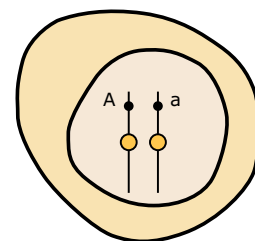
A) a fase de menor duração do ciclo é a mitose.
B) a fase F do ciclo corresponde à intérfase.
C) em G_1 a célula é haploide.
D) em S ocorre a duplicação dos cromossomos.

11. (FUVEST-SP) A vinblastina é um quimioterápico usado no tratamento de pacientes com câncer. Sabendo-se que essa substância impede a formação de microtúbulos, pode-se concluir que sua interferência no processo de multiplicação celular ocorre na

A) condensação dos cromossomos.
B) descondensação dos cromossomos.
C) duplicação dos cromossomos.
D) migração dos cromossomos.
E) reorganização dos nucléolos.

12. (UFMG) Numa espécie cujos gametas têm doze cromossomos, quantos pares de cromossomos homólogos esperamos encontrar na prófase da primeira divisão meiótica?

A) 36 B) 24 C) 18 D) 12 E) 6

13. (FCMMG)

O esquema anterior mostra um único par de homólogos, com um par de alelos, em heterozigose.

Partindo do princípio de que houve um processo de recombinação gênica (permutação), envolvendo os alelos em questão, podemos afirmar que os mesmos irão se separar na

A) primeira divisão da meiose.
B) segunda divisão da meiose.
C) primeira ou segunda divisão da meiose.
D) primeira e segunda divisões da meiose.

14. (FUVEST-SP) Em certa linhagem celular, o intervalo de tempo entre o fim de uma mitose e o fim da mitose seguinte é de 24 horas. Uma célula dessa linhagem gasta cerca de 12 horas, desde o início do processo de duplicação dos cromossomos até o início da prófase. Do fim da fase de duplicação dos cromossomos até o fim da telófase, a célula gasta 3 horas e, do início da prófase até o fim da telófase, ela gasta 1 hora.

Com base nessas informações, **DETERMINE** a duração de cada uma das etapas do ciclo celular (G_1, S, G_2 e mitose) dessas células.

15. (Unicamp-SP–2011) Em relação a um organismo diploide, que apresenta 24 cromossomos em cada célula somática, pode-se afirmar que

A) seu código genético é composto por 24 moléculas de DNA de fita simples.

B) o gameta originado desse organismo apresenta 12 moléculas de DNA de fita simples em seu genoma haploide.

C) uma célula desse organismo na fase G_2 da intérfase apresenta 48 moléculas de DNA de fita dupla.

D) seu cariótipo é composto por 24 pares de cromossomos.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2009) Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos. Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:

A)

B)

C)

D)

E)

02. Cada cromossomo humano possui, em sua estrutura, uma única molécula de DNA de fita dupla. As duas fitas de cada molécula de DNA se mantêm unidas por ligações de hidrogênio estabelecidas entre as bases nitrogenadas dos nucleotídeos. Essas ligações sempre obedecem ao seguinte pareamento de bases: adenina com timina e guanina com citosina.

O peso molecular de um par de desoxirribonucleotídeos é, aproximadamente, 650. Se o peso molecular do DNA do conjunto de cromossomos de um óvulo normal da espécie humana é $1{,}625 \times 10^{12}$, o DNA do conjunto cromossômico de uma célula somática normal de uma mulher, em G_1, deverá ter, aproximadamente,

A) $1{,}3 \times 10^{2}$ pares de nucleotídeos.

B) $1{,}0 \times 10^{10}$ pares de nucleotídeos

C) $1{,}25 \times 10^{10}$ pares de nucleotídeos.

D) $2{,}5 \times 10^{9}$ pares de nucleotídeos.

E) $5{,}0 \times 10^{9}$ pares de nucleotídeos.

GABARITO

Fixação

01. C 02. D 03. C 04. E 05. E

Propostos

01. A
02. C
03. C
04. E
05. B
06. A
07. C
08. E
09. D
10. C
11. D
12. D
13. A
14. G_1 = 11 horas, S = 10 horas, G_2 = 2 horas e mitose = 1 hora.
15. C

Seção Enem

01. C 02. E

BIOLOGIA

MÓDULO 12 FRENTE A

Embriologia animal

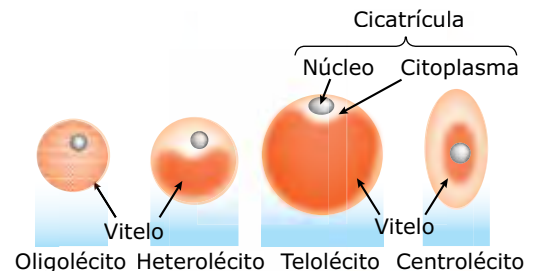
Embriologia é o estudo do desenvolvimento do indivíduo desde a formação do zigoto (célula-ovo) até o seu nascimento ou eclosão.

Esse desenvolvimento depende do tipo de ovo que, por sua vez, depende do tipo de óvulo (gameta feminino) que foi fecundado. Assim, conforme os óvulos fecundados sejam oligolécitos, heterolécitos, megalécitos ou centrolécitos, os ovos resultantes também serão assim classificados. Portanto, considerando a quantidade e a distribuição do vitelo, a classificação dos ovos é igual à classificação dos óvulos.

CLASSIFICAÇÃO DOS OVOS

Baseia-se na quantidade e na distribuição do vitelo (lécito) existente na célula. O vitelo ou lécito é uma reserva de material nutritivo, fabricado pelo retículo endoplasmático da célula, constituído basicamente por proteínas e lipídios.

- **Ovos oligolécitos (isolécitos, homolécitos, alécitos)** – Possuem pouco ou quase nenhum vitelo que se distribui de maneira homogênea pelo citoplasma. São encontrados em poríferos, celenterados, equinodermos, anfioxo e mamíferos (exceto ovíparos).
- **Ovos heterolécitos (mediolécitos, panlécitos, telolécitos incompletos)** – Possuem uma quantidade média de vitelo distribuída de maneira heterogênea no citoplasma. O vitelo concentra-se mais em um dos polos celulares do que no outro. O polo celular com maior concentração de vitelo é denominado polo vegetativo, enquanto o outro, com menor concentração, onde inclusive se localiza o núcleo da célula, recebe o nome de polo animal. São encontrados em platelmintos, asquelmintos, moluscos (exceto cefalópodes), anelídeos, algumas espécies de peixes e de anfíbios.
- **Ovos megalécitos (telolécitos, telolécitos completos)** – Possuem grande quantidade de vitelo que ocupa quase toda a célula. O citoplasma separa-se do vitelo e localiza-se, juntamente com o núcleo, numa pequena região do polo animal denominada cicatrícula ou disco germinativo. São encontrados em moluscos cefalópodes, várias espécies de peixes, répteis, aves e mamíferos ovíparos.
- **Ovos centrolécitos** – Possuem certa quantidade de vitelo acumulado na região central da célula, ao redor do núcleo. O citoplasma localiza-se na periferia da célula, sem se misturar com o vitelo. São encontrados em artrópodes.

Tipos de ovos

ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

Após a fecundação e a consequente formação da célula-ovo (zigoto), o concepto passará pelas seguintes etapas: segmentação, gastrulação, histogênese e organogênese.

A segmentação ou clivagem é o desenvolvimento da célula-ovo por meio de uma série de divisões mitóticas sucessivas, originando células denominadas blastômeros.

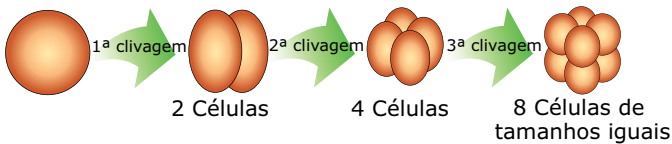
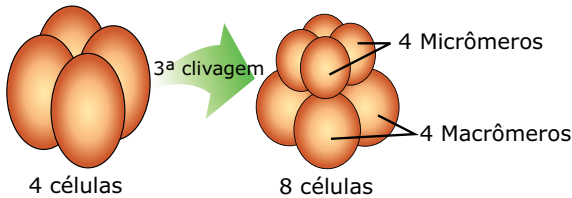
Durante a segmentação, há um aumento do número de células sem, entretanto, ocorrer o aumento do volume total da estrutura. De maneira geral, a segmentação é tanto mais rápida quanto menos vitelo houver na célula-ovo, obedecendo à regra de Balfour, que diz: "a velocidade de segmentação é inversamente proporcional à quantidade de vitelo."

Nos ovos que têm uma distribuição desigual de vitelo, o polo animal (com pouco vitelo) se segmenta mais rapidamente do que o polo vegetativo. Além disso, a segmentação nem sempre ocorre em todo o ovo. Assim, temos diferentes tipos de segmentação.

- **Segmentação Holoblástica ou Total** – Ocorre com a participação de toda a célula-ovo. Se os blastômeros formados tiverem o mesmo tamanho, ela é dita igual; se houver a formação de blastômeros de tamanhos diferentes, ela é dita desigual. Os blastômeros maiores são chamados de macrômeros e os menores, de micrômeros.

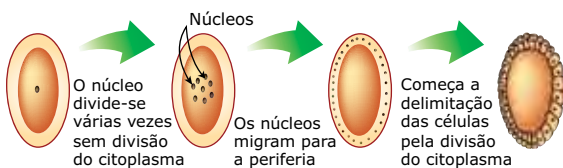
OBSERVAÇÃO

Para alguns autores, se a diferença de tamanho entre os blastômeros não for tão acentuada, a segmentação é dita subigual ou quase igual.

Segmentação holoblástica igual

Segmentação holoblástica desigual

É a partir da 3ª divisão (3ª clivagem) que surgem as diferenças na segmentação holoblástica.

- **Segmentação Meroblástica ou Parcial** – Ocorre apenas em uma parte da célula-ovo. Quando é feita apenas na região do disco germinativo (cicatrícula), ela é dita discoidal; se ocorrer apenas na periferia da célula, ela é dita superficial.

Segmentação meroblástica discoidal

Segmentação meroblástica superficial

Tipos de segmentação

Holoblástica ou Total	Igual: ovos oligolécitos
	Desigual: ovos heterolécitos
Meroblástica ou Parcial	Discoidal: ovos megalécitos
	Superficial: ovos centrolécitos

Durante a segmentação, há, normalmente, a formação da mórula, um estágio embrionário que antecede a blástula.

A mórula é um aglomerado maciço de células (blastômeros) que, dependendo da espécie, surge após a 4ª ou a 5ª clivagem. Com a continuidade do desenvolvimento, a mórula sofre um processo de cavitação denominado blastulação, que culmina com a formação de um estágio embrionário denominado blástula.

A blástula, independentemente do tipo de segmentação que a formou, é uma estrutura que possui blastoderma (parede constituída por blastômeros) e blastocele (cavidade).

Blástula originada da segmentação do ovo isolécito

Celoblástula

Blástula originada da segmentação do ovo heterolécito

Celoblástula

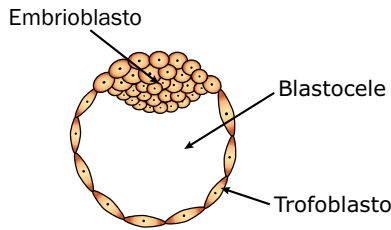
Blástula originada da segmentação do ovo megalécito

Discoblástula

Blástula originada da segmentação do ovo centrolécito

Periblástula

Tipos de blástulas *– A forma da blástula varia com o tipo de segmentação ocorrida. As blástulas resultantes das segmentações holoblásticas (igual, subigual ou desigual) são do tipo celoblástula; a resultante de uma segmentação meroblástica discoidal é denominada discoblástula; a resultante de segmentação meroblástica superficial é dita periblástula.*

Nos mamíferos placentários, grupo em que se inclui a espécie humana, a blástula, que é do tipo celoblástula, é também conhecida por blastocisto.

Blastocisto *– No blastocisto, o blastoderma denomina-se trofectoderma ou trofoderma (do grego* Trophe*, nutrição, e* derma*, pele) e os blastômeros que a constituem são chamados de trofoblastos. Há ainda um aglomerado de blastômeros que formam o embrioblasto (massa celular interna, botão embrionário). Os trofoblastos darão origem ao córion e a parte da placenta; o embrioblasto dará origem ao embrião propriamente dito, ao saco vitelino, ao alantoide e ao âmnion. As células do embrioblasto, portanto, são células tronco embrionárias com potencial para diferenciarem-se em qualquer tipo de tecido.*

Com a formação da blástula, termina o processo de segmentação e tem início a gastrulação.

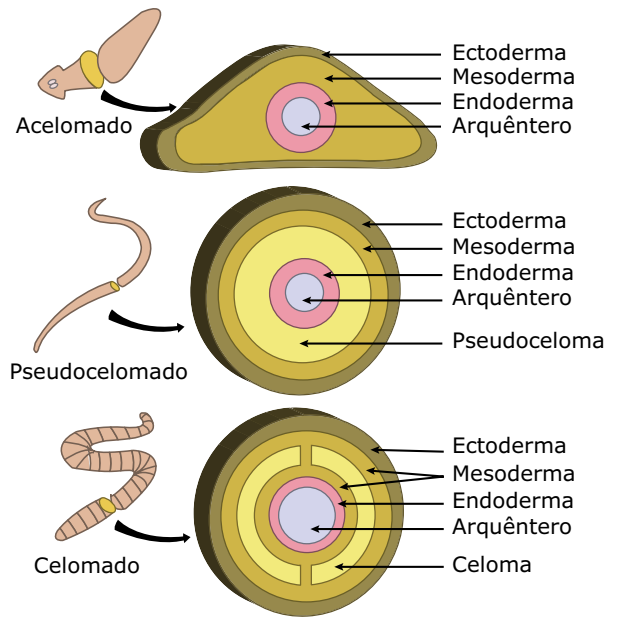
Na gastrulação, as divisões mitóticas continuam, sendo que, agora, o aumento do número de células é acompanhado também de aumento do volume total da estrutura embrionária. É durante a gastrulação que se formam os chamados folhetos embrionários (folhetos germinativos): ectoderma, endoderma e mesoderma. A partir desses folhetos embrionários, serão formados os diferentes tecidos e órgãos que constituirão o corpo do animal.

Em alguns animais, como os celenterados, formam-se apenas dois folhetos embrionários, o ectoderma e o endoderma, por isso são ditos animais diblásticos (diploblásticos). Na maioria dos animais, formam-se três folhetos embrionários (ectoderma, mesoderma e endoderma), por isso são ditos animais triblásticos (triploblásticos).

Diblásticos	Triblásticos
Celenterados (Cnidários)	Platelmintos, asquelmintos, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados.

Na maioria dos animais, durante a gastrulação, forma-se também o arquêntero (do grego *archaios*, antigo, primitivo, e *enteron*, intestino) ou gastrocele, uma cavidade delimitada pelo endoderma, que dará origem à cavidade digestiva do animal. Por isso, o arquêntero é também chamado de tubo digestório primitivo do animal.

O arquêntero possui uma abertura, o blastóporo, que, dependendo do grupo de animal, poderá originar a boca ou o ânus. Quando origina a boca, o animal é dito protostômio (protostomados); quando origina o ânus, o animal é dito deuterostômio (deuterostomados). A maioria dos animais nos quais se forma o tubo digestório é constituída por protostômios. Os deuterostômios são os equinodermos e os cordados.

Na maioria dos animais triblásticos, forma-se também uma cavidade denominada celoma. O celoma é uma cavidade embrionária totalmente revestida pelo mesoderma. Todos os animais que possuem essa cavidade são ditos celomados. Nem todos os animais triblásticos formam o celoma. Assim, quanto à presença ou não do celoma, os animais triblásticos são classificados em: acelomados, pseudocelomados e celomados (eucelomados).

Animais triblásticos *–* ***Acelomados:*** *Animais nos quais não se forma o celoma. Ex.: platelmintos.* ***Pseudocelomados:*** *Animais nos quais se forma uma cavidade delimitada de um lado pelo mesoderma e do outro pelo endoderma; por isso, essa cavidade não é considerada um verdadeiro celoma e sim um pseudoceloma (falso celoma). Ex.: asquelmintos.* ***Celomados:*** *Animais nos quais se forma o verdadeiro celoma (euceloma), que é uma cavidade totalmente delimitada pelo mesoderma. Ex.: moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados.*

Quando o celoma se origina de fendas no mesoderma, o animal é dito esquizocelomado (do grego *schizo*, dividido, fendido); quando se forma a partir de bolsas que brotam do teto do arquêntero (intestino primitivo), o animal é enterocelomado (do grego *enteron*, intestino). Moluscos, anelídeos e artrópodes são esquizocelomados; equinodermos e cordados são enterocelomados.

A transformação da blástula em gástrula não é feita da mesma maneira em todos os animais, existindo diferentes tipos ou processos de gastrulação.

Com a continuidade do desenvolvimento embrionário, ocorre a histogênese (formação dos tecidos). Na histogênese, as células dos folhetos embrionários sofrem diferenciação, dando origem aos tecidos do animal, conforme mostra o quadro a seguir:

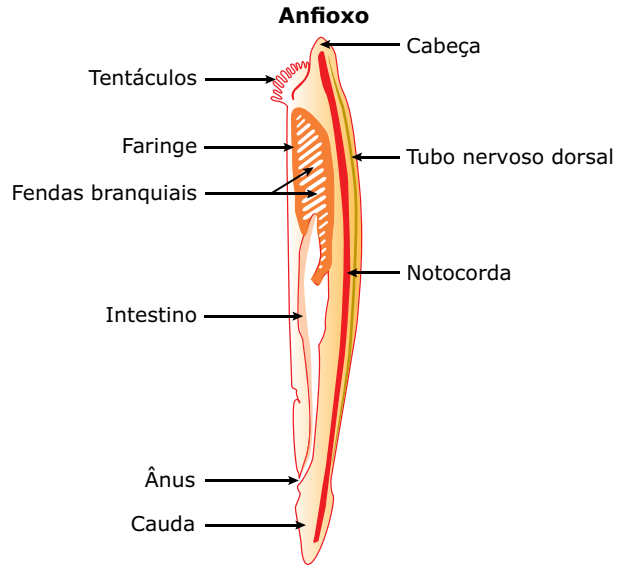
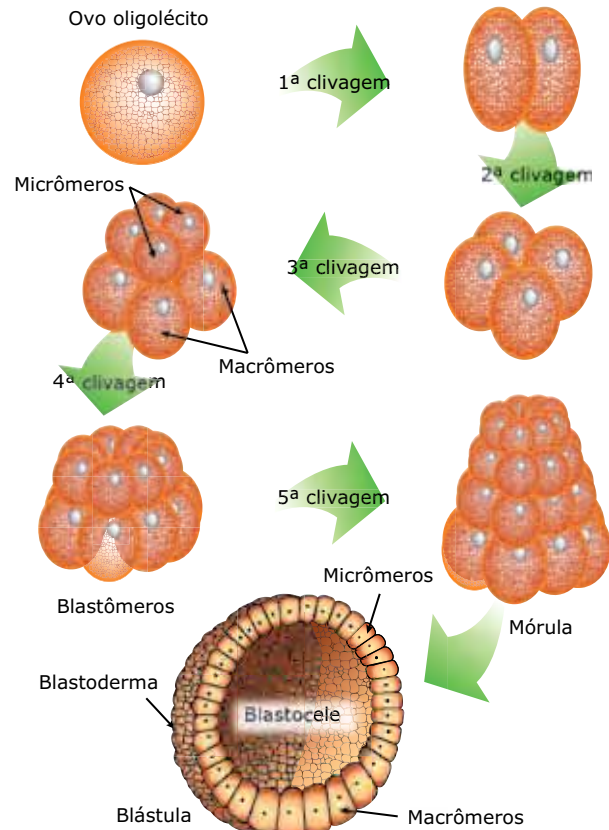
Histogênese	
Tecido	**Origem embrionária**
Epitelial	Dependendo do local, pode ter origem nos três folhetos embrionários: ectoderma, mesoderma e endoderma.
Conjuntivo	Origina-se do mesoderma.
Muscular	Origina-se do mesoderma.
Nervoso	Origina-se do ectoderma.

À medida que se diferenciam, os tecidos se associam uns aos outros formando os diferentes órgãos do animal: é a organogênese (formação dos órgãos).

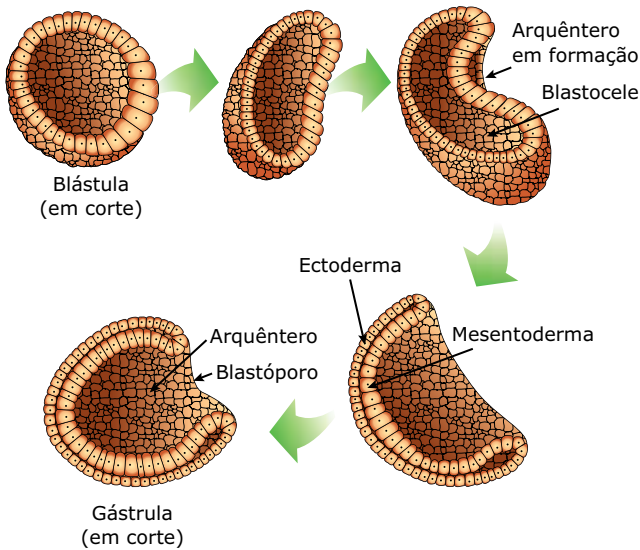
Os órgãos relacionados com uma mesma função formam um sistema. Assim, encontramos no animal diferentes sistemas (digestório, circulatório, reprodutor, etc.).

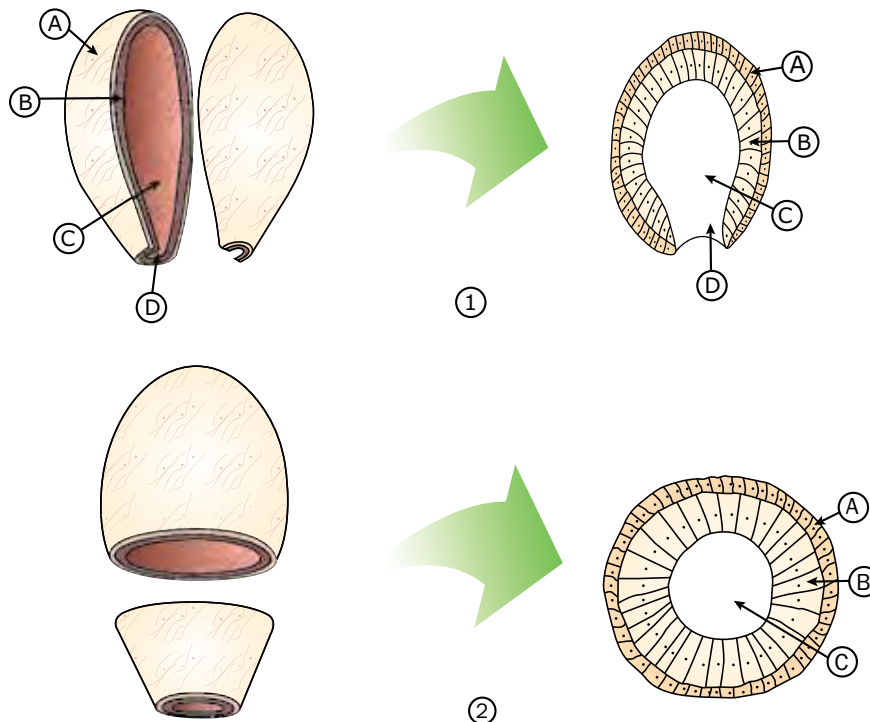
O processo de diferenciação celular depende de sinais provenientes de hormônios, da matriz extracelular, de contato entre células e de fatores de diferenciação chamados genericamente de citocinas. Nos seres multicelulares que se reproduzem por fecundação, todas as células do corpo de um indivíduo se originam do zigoto e, portanto, têm os mesmos genes. Durante o processo de diferenciação celular, ocorre repressão de certos genes e ativação de outros. Assim, em cada célula, apenas uma parte dos genes está ativa (em funcionamento), enquanto os demais permanecem inativos. Desse modo, cada célula só produz certos tipos de proteínas que determinam sua forma e função peculiares. Esse fenômeno, conhecido por atividade gênica diferencial, explica as diferenças morfológicas e fisiológicas existentes entre as células de um indivíduo.

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO ANFIOXO

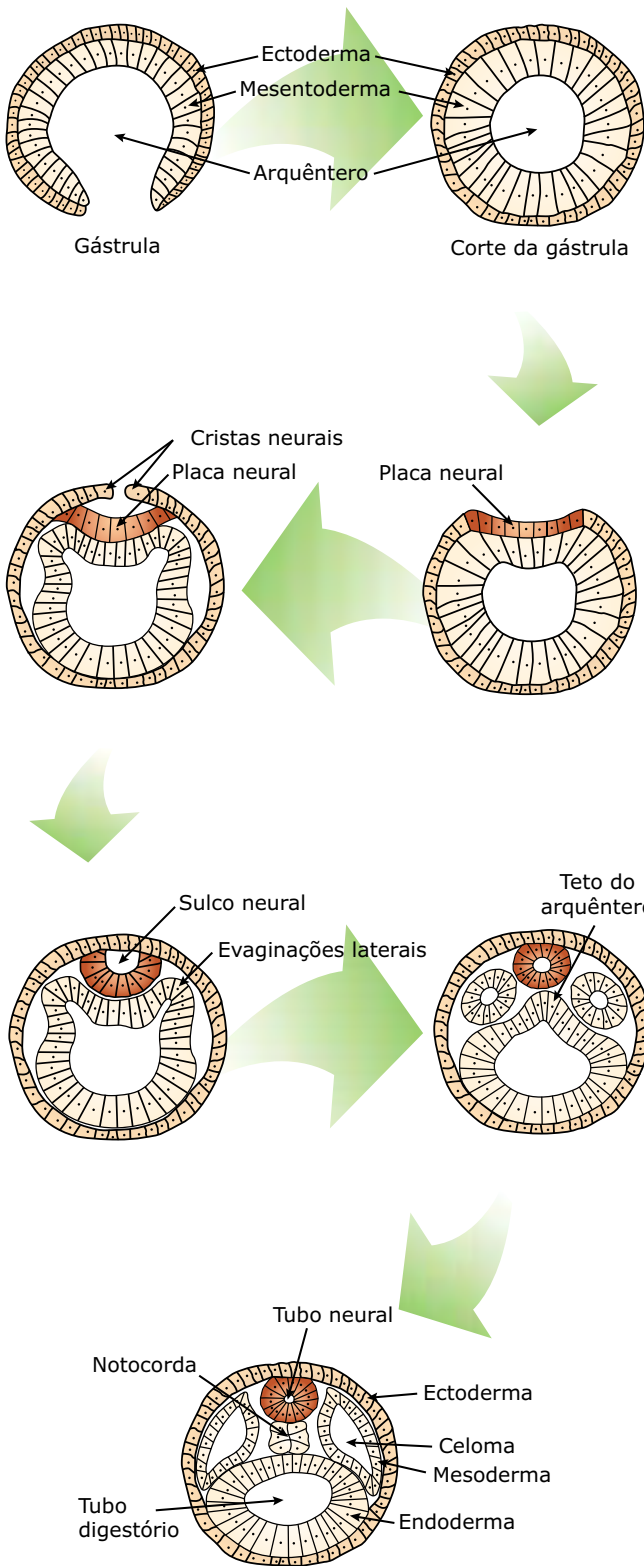
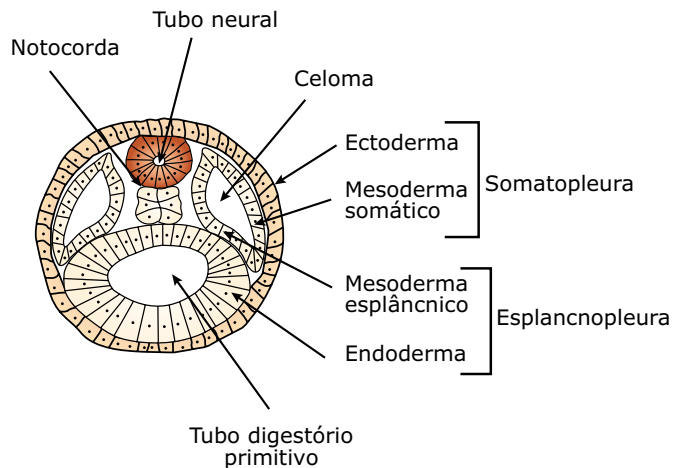
O anfioxo é um animal marinho pertencente ao grupo dos protocordados (cordados mais primitivos). Atinge no máximo 10 cm de comprimento. São pouco frequentes em nossas praias, mas abundantes em certas praias no sul da China, onde se enterram na areia limpa e grossa de águas rasas, deixando apenas a extremidade anterior para fora. Ocasionalmente, saem para nadar por meio de rápidos movimentos laterais. Tanto a região anterior como a posterior são afiladas, característica da qual provém o nome "anfioxo" (do grego *amphi*, duas, e *oxus*, ponta).

O anfioxo é um animal muito utilizado para o estudo do desenvolvimento embrionário, sendo considerado um provável ancestral dos vertebrados. Devido à sua relativa simplicidade, seu estudo facilita a compreensão das variações apresentadas pelos animais vertebrados durante o seu desenvolvimento embrionário.

Segmentação no anfioxo *– O anfioxo possui ovo do tipo oligolécito que realiza segmentação holoblástica, formando uma celoblástula cuja blastoderma apresenta micrômeros e macrômeros.*

Após a formação da blástula, tem início a gastrulação, que no anfioxo é feita por embolia ou invaginação.

Veja a figura a seguir:

Fase inicial da gastrulação no anfioxo *– Conforme mostram as figuras, a gastrulação no anfioxo inicia-se pela invaginação da camada inferior de blastômeros, ou seja, dos macrômeros, para o interior da blastocele. À medida que os macrômeros invaginam-se para o interior da blastocele, essa cavidade vai desaparecendo progressivamente, surgindo uma outra cavidade denominada arquêntero* (arquenteron) *ou gastrocele, que corresponde ao intestino primitivo do animal. No final do processo de invaginação, os macrômeros encostam nos micrômeros que se encontram no polo oposto e, com isso, desaparece totalmente a blastocele. Nesse estágio, a gástrula do anfioxo é didérmica, isto é, apresenta apenas dois folhetos embrionários: o ectoderma (ectoderme), mais externo, e o mesentoderma (mesentoderme), mais interno, que mais tarde se diferenciará em mesoderma (mesoderme) e endoderma (endoderme). Nesse estágio, a gástrula já apresenta o arquêntero, que se comunica com o meio exterior através do blastóporo. Como o anfioxo é um animal do grupo dos cordados, o blastóporo dará origem ao ânus. Dessa forma, o anfioxo é um animal deuterostômio.*

A gástrula do anfioxo em seu estágio inicial, quando constituída por apenas dois folhetos embrionários (gástrula didérmica), possui um aspecto que lembra um pequeno balão, conforme mostram as figuras a seguir:

Cortes esquemáticos em gástrula do anfioxo no estágio inicial (gástrula didérmica) *– **1**. corte longitudinal: **A.** ectoderma; **B.** mesentoderma; **C.** arquêntero; **D.** blastóporo. **2**. corte transversal.*

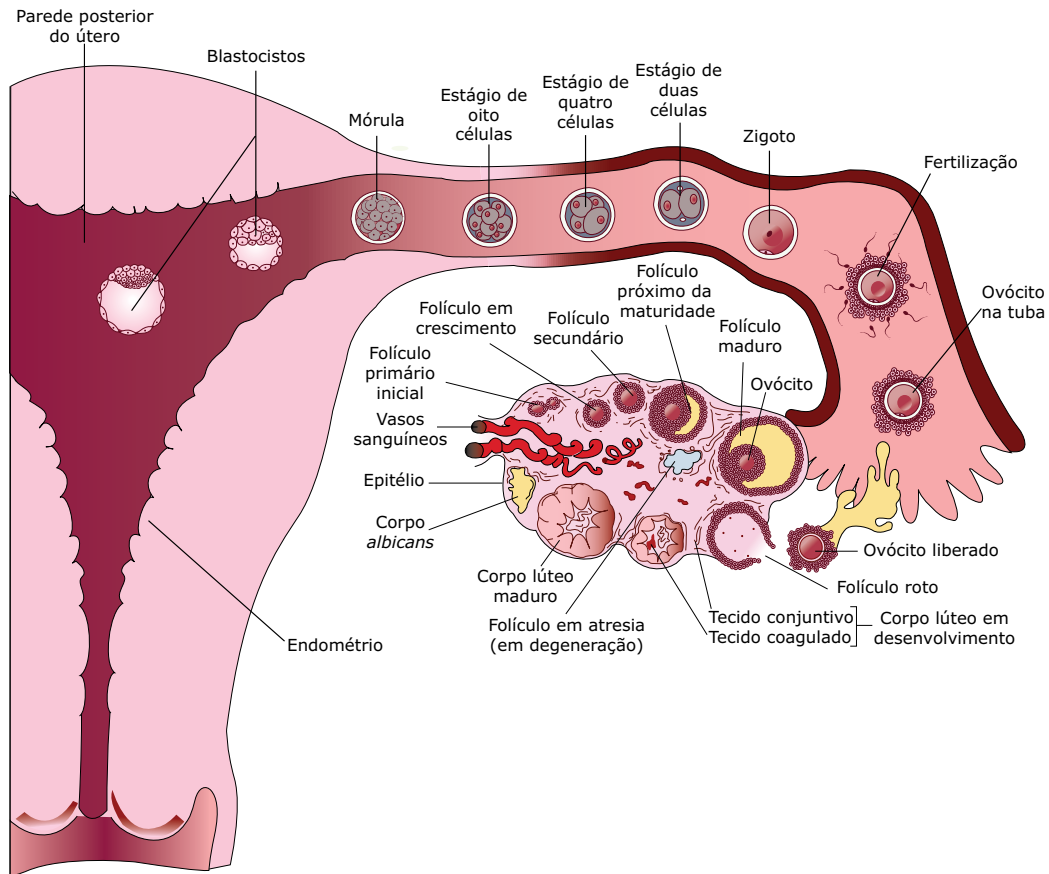
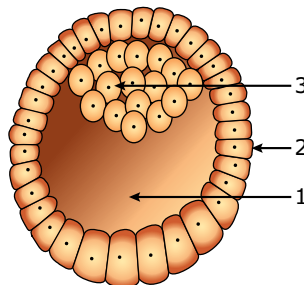
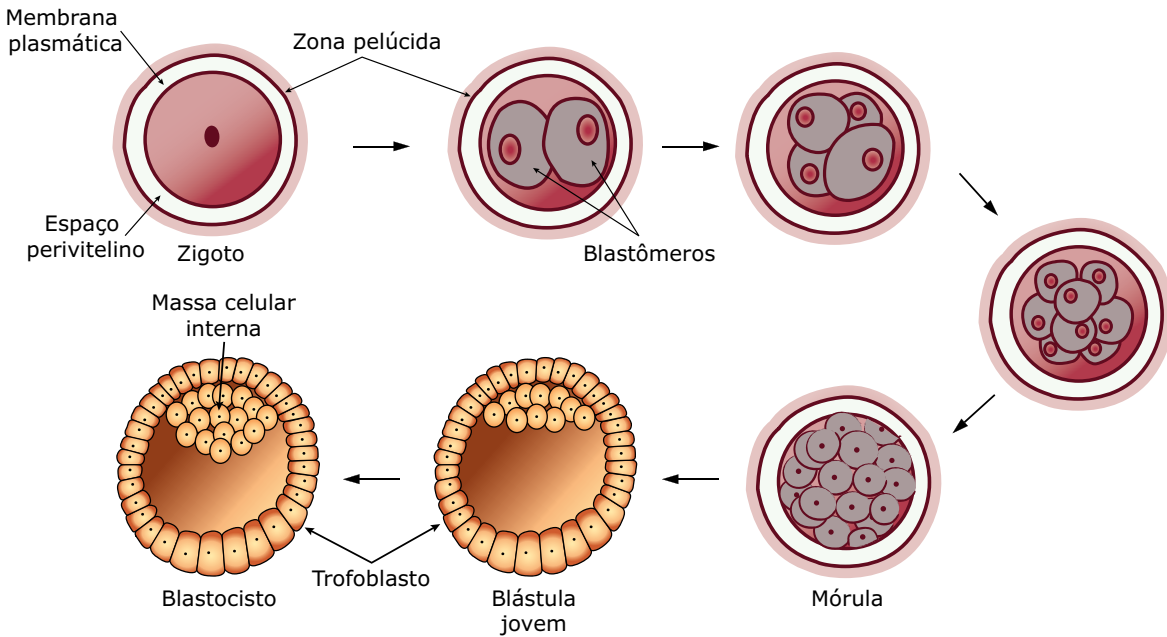
Com a continuidade do seu desenvolvimento, a gástrula do anfioxo sofre a neurulação, passando para um estágio mais avançado denominado nêurula. Durante a neurulação, teremos a formação do tubo neural, como também da notocorda, do mesoderma e do celoma.

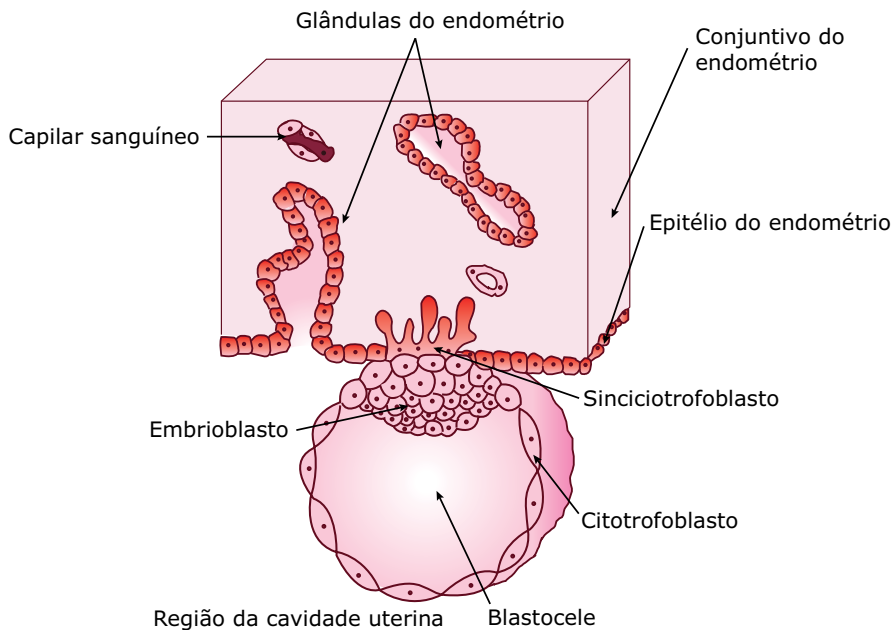
Formação do tubo neural, da notocorda e do celoma *– O tubo neural origina-se a partir de um achatamento do ectoderma da região dorsal, formando a chamada placa neural.*

A seguir, células ectodérmicas das bordas multiplicam-se, organizando as cristas neurais que recobrem a placa neural. Uma vez completamente recoberta, a placa neural invagina-se de modo a formar o sulco neural que dará origem finalmente ao tubo neural. Com a continuidade do desenvolvimento embrionário, o tubo neural também dará origem ao sistema nervoso animal. A notocorda e o mesoderma formam-se simultaneamente a partir do mesentoderma. A notocorda é uma estrutura de sustentação mecânica, rígida, que se dispõe ao longo do eixo craniocaudal do animal. É exclusiva dos cordados, aparecendo em todas as espécies desse grupo. Dependendo da espécie, pode persistir ou não no indivíduo adulto. No anfioxo, por exemplo, ela persiste durante toda a vida do animal. Nos peixes adultos, ela também persiste sob a forma de peças vestigiais que ficam entre as vértebras da coluna vertebral. Entretanto, na grande maioria dos vertebrados (anfíbios, répteis, aves, mamíferos), a notocorda acaba sendo totalmente substituída pela coluna vertebral. A notocorda origina-se de uma evaginação que se desprende da região central do mesentoderma, correspondente ao teto do arquêntero. O mesoderma origina-se de evaginações laterais do mesentoderma. A cavidade delimitada pelo mesoderma recebe o nome de celoma.

A nêurula do anfioxo *– Observe que o mesoderma é constituído por dois folhetos: folheto somático e folheto esplâncnico. O folheto somático é a parte do mesoderma que fica aderida ao ectoderma, enquanto o folheto esplâncnico fica aderido ao endoderma. O folheto somático do mesoderma e a parte do ectoderma ao qual está aderido formam a somatopleura. O folheto esplâncnico e a parte do endoderma ao qual fica aderido formam a esplancnopleura.*

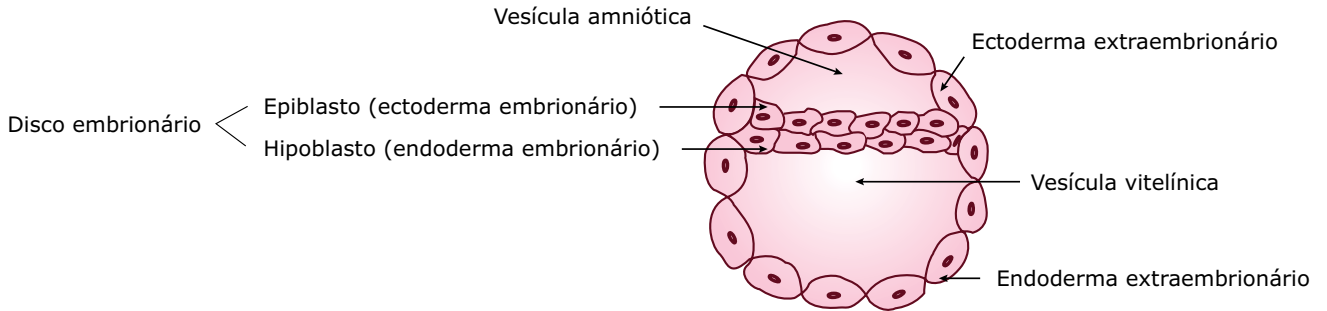
Dando continuidade ao desenvolvimento embrionário do anfioxo, ocorrem a histogênese e a organogênese, que correspondem, respectivamente, aos processos de formação dos tecidos e dos órgãos, a partir dos folhetos embrionários.

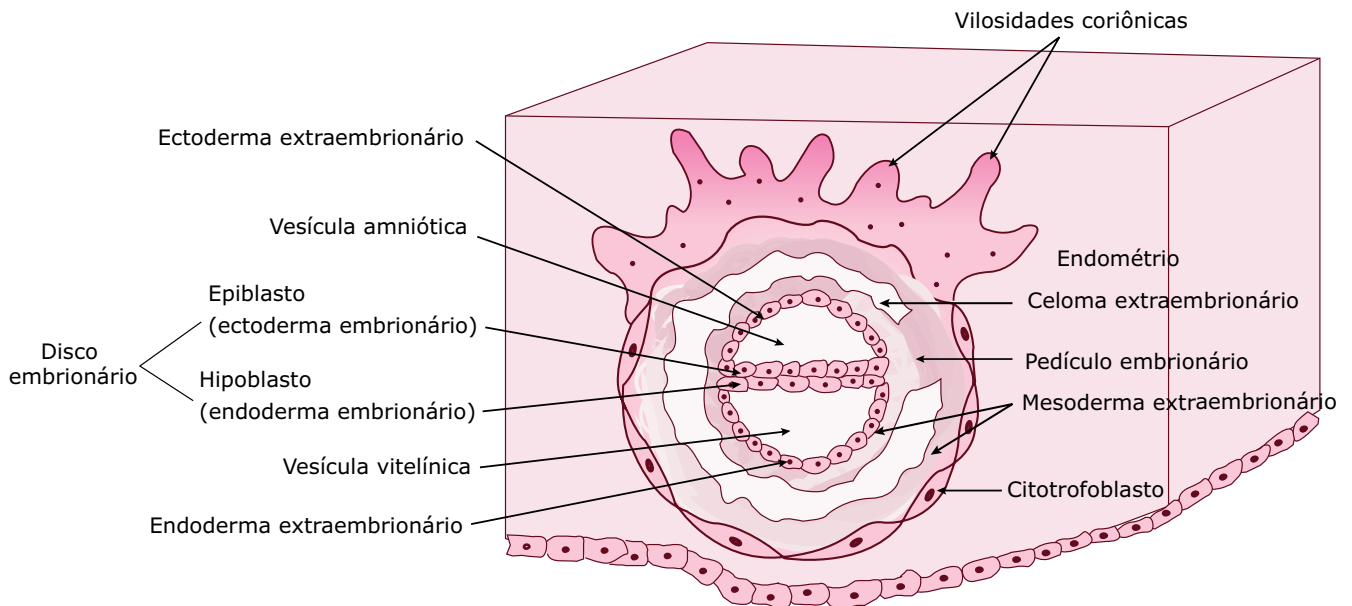
DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO HUMANO

A espécie humana pertence ao grupo dos mamíferos eutérios, animais que têm como uma de suas principais características a formação de uma placenta bem-desenvolvida durante o desenvolvimento embrionário, por isso são também conhecidos como mamíferos placentários.

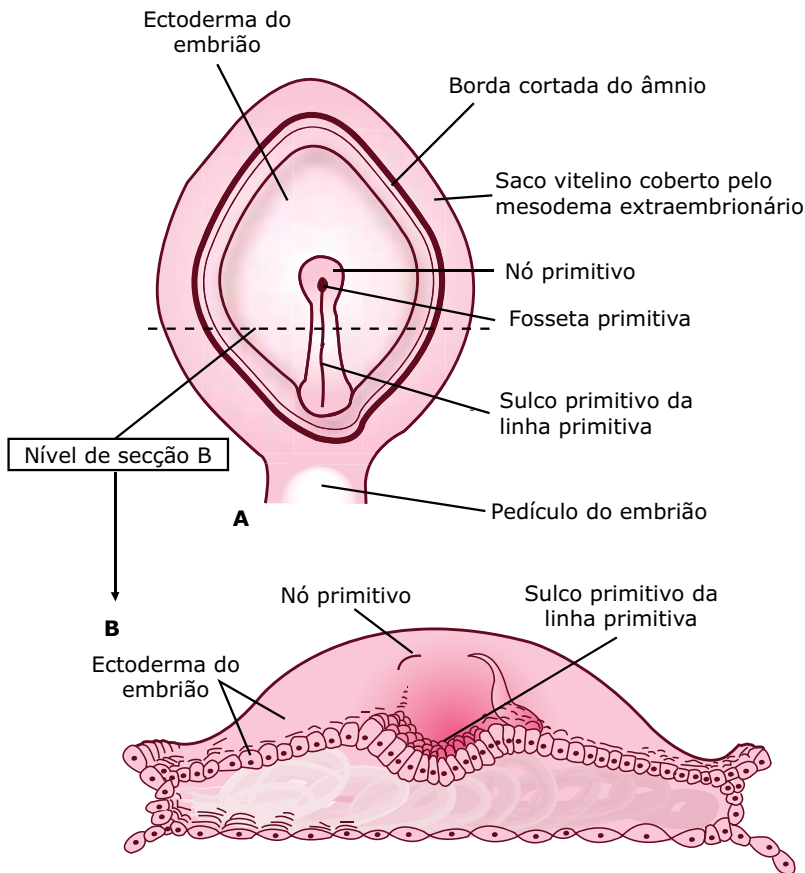
O desenvolvimento embrionário humano inicia-se na tuba uterina, após a ocorrência da fecundação, com a formação da célula-ovo (zigoto). Por meio dos movimentos peristálticos tubários e do movimento de varredura dos cílios das células epiteliais que revestem a cavidade tubária, o ovo é levado em direção ao útero. Durante essa trajetória, que dura cerca de 4 a 5 dias, o ovo humano, que é do tipo alécito, realiza uma segmentação holoblástica igual, formando uma mórula que, por sua vez, origina uma blástula, conhecida também por blastocisto.

Segmentação na espécie humana *– A segmentação (clivagem) do zigoto com a formação da mórula ocorre enquanto o zigoto em divisão passa pela tuba uterina. Normalmente, a formação do blastocisto (blástula) se dá no útero.*

Blastocisto humano *– O blastocisto possui uma cavidade denominada blastocele (1). As células distendidas que formam sua parede constituem o trofoblasto (2), que dará origem à parte embrionária da placenta. Apresenta ainda um aglomerado de blastômeros em um dos polos, o embrioblasto (3), também conhecido por massa celular interna ou, ainda, nó embrionário. Do embrioblasto virão todas as células que vão constituir o embrião propriamente dito.*

Segmentação – *Apesar de a clivagem aumentar o número de células (blastômeros), as células-filhas são menores do que as células-mães. O embrião só começa a aumentar de tamanho depois da degeneração da zona pelúcida. A zona pelúcida é uma camada de glicoproteínas que envolve o ovócito II, o óvulo e o ovo (zigoto), e persiste até as primeiras fases do desenvolvimento, degenerando-se no estágio mais avançado de blástula.*

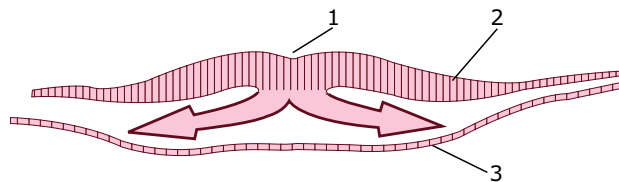
Na cavidade uterina, cerca de 6 dias após a fecundação, a blástula (blastocisto) perde a zona pelúcida, permitindo, assim, que as células trofoblásticas entrem em contato com o endométrio, iniciando o processo de nidação, que consiste na fixação da blástula no endométrio, geralmente pelo lado adjacente à massa celular interna. Durante essa implantação, o trofoblasto diferencia-se em duas camadas: citotrofoblasto e sinciciotrofoblasto. O primeiro corresponde à região onde as células mantêm suas características celulares, enquanto o segundo corresponde à região onde as células formam um sincício. A figura a seguir ilustra o início do processo de nidação.

Nidação – *Além de ajudar na fixação do blastocisto no endométrio, o sinciciotrofoblasto passa a produzir o hormônio HCG (gonadotrofina coriônica), que atuará no ovário impedindo, durante certo tempo, a degeneração do corpo lúteo, mantendo-o em atividade, produzindo progesterona, hormônio necessário durante todo o período de gestação. Juntamente com parte do endométrio, o trofoblasto formará a placenta, anexo embrionário que, entre outras funções, nutre o embrião até o final da gravidez.*

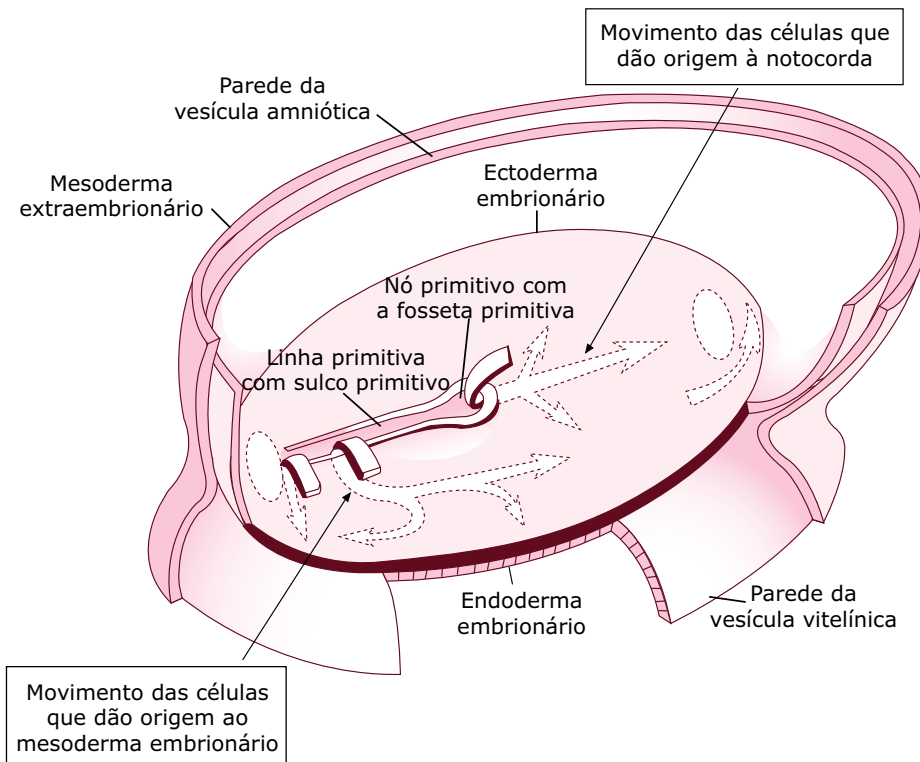
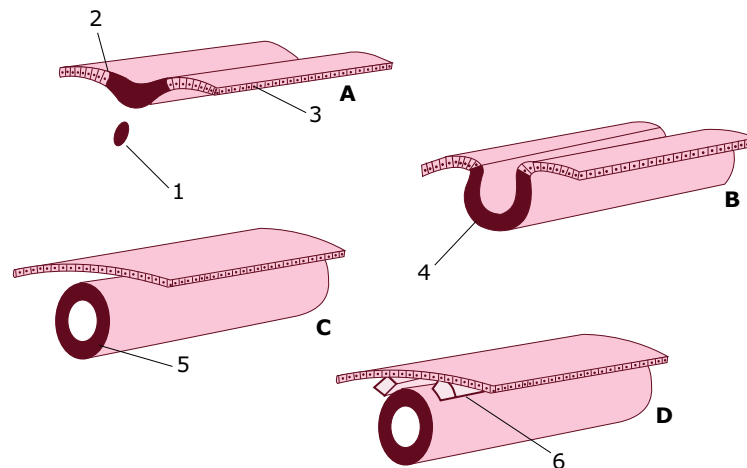
Dando continuidade ao desenvolvimento, células do trofoblasto liberam enzimas proteolíticas sobre o endométrio, abrindo espaço para a implantação da blástula. As células do embrioblasto se multiplicam e se organizam de modo a formar duas cavidades, a vesícula amniótica e a vesícula vitelínica, separadas pelo disco embrionário, conforme mostra a figura a seguir:

A vesícula amniótica dará origem, posteriormente, à bolsa amniótica ou âmnio, anexo embrionário que tem como função proteger o embrião contra choques mecânicos e também contra a desidratação. Em muitos animais vertebrados, a vesícula vitelínica ou saco vitelínico armazena o vitelo (substância nutritiva para o embrião). Mas, nos mamíferos eutérios, cuja nutrição do embrião é feita pela placenta, a vesícula vitelínica atrofia-se gradativamente. Convém ressaltar, entretanto, que, no início da embriogênese, a vesícula vitelínica constitui o primeiro órgão hematopoiético (formador do sangue). As células que formam o assoalho da vesícula amniótica constituem o epiblasto (ectoderma embrionário), e as que formam o teto da vesícula vitelínica formam o hipoblasto (endoderma embrionário). Essas duas camadas de células (epiblasto + hipoblasto) formam o disco embrionário (disco dérmico). Do disco embrionário, vão se originar todos os constituintes do embrião. As demais células que delimitam as vesículas amniótica e vitelínica formam, respectivamente, o ectoderma extraembrionário e o endoderma extraembrionário.

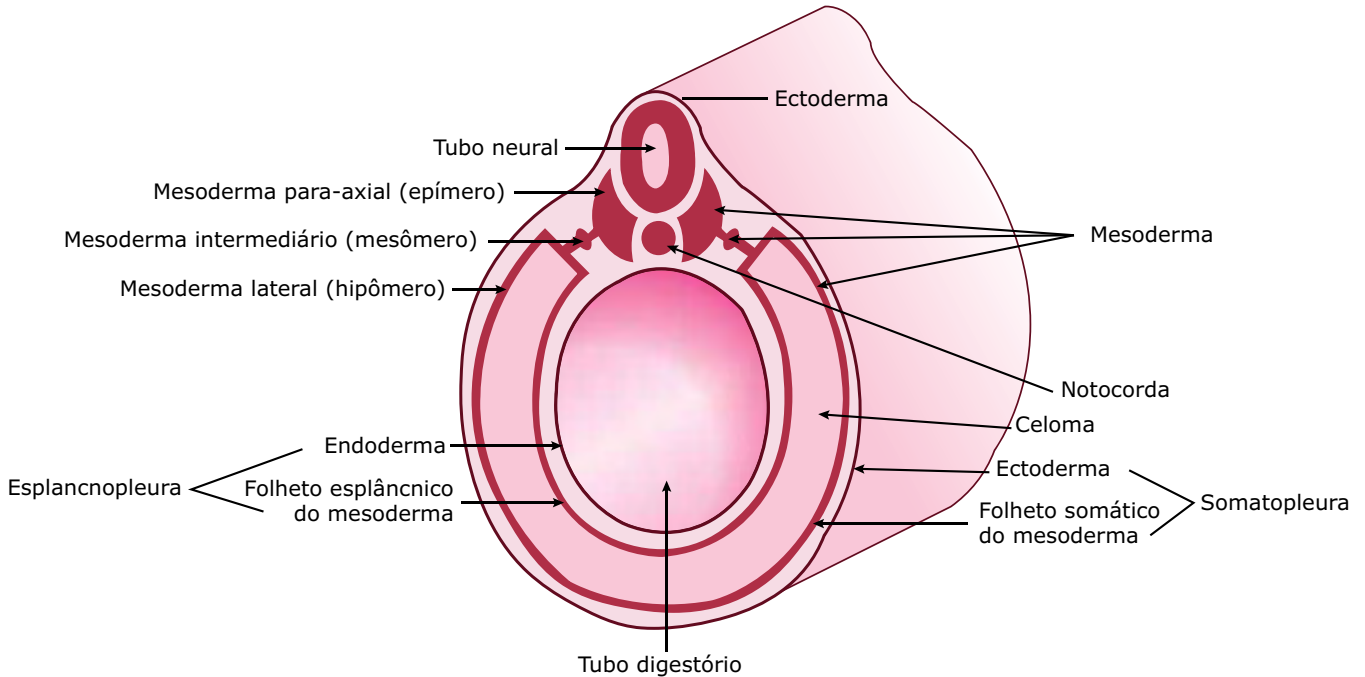
Com a continuidade do desenvolvimento, células se interpõem entre o trofoblasto e as duas vesículas (amniótica e vitelínica), formando o mesoderma extraembrionário (extraembrionário porque não está disposto entre os dois folhetos que constituem o disco embrionário, ficando limitado à área extraembrionária). É discutida a origem dessas células que formam o mesoderma extraembrionário, existindo autores que admitem que elas se originam do trofoblasto, do próprio disco embrionário ou da vesícula vitelínica. A figura a seguir representa como é o embrião humano por volta do 12º dia de desenvolvimento.

O mesoderma extraembrionário forma uma camada de revestimento em volta da vesícula amniótica e da vesícula vitelínica, assim como por dentro do trofoblasto. A cavidade delimitada pelo mesoderma extraembrionário constitui o celoma extraembrionário. A camada formada pelo trofoblasto e pelo mesoderma extraembrionário, que reveste externamente o celoma extraembrionário, passa a ser denominada córion. No final da segunda semana, a partir do córion, originam-se as vilosidades coriônicas, que, juntamente com o endométrio, formam a placenta.

Parte do mesoderma extraembrionário também forma o pedículo embrionário, uma ponte entre as duas vesículas e o trofoblasto. O pedículo embrionário será o ponto de formação do futuro cordão umbilical que ligará o embrião à placenta. Ao término da segunda semana do desenvolvimento, o embrião já estará todo contido (envolvido) pelo endométrio.

Na terceira semana, surge na superfície do epiblasto (ectoderma embrionário), na porção que está voltada para o pedículo do embrião, uma elevação situada na linha média: a linha primitiva. A linha primitiva resulta da proliferação e da migração de células do epiblasto para o plano mediano do disco embrionário. Logo à frente da linha primitiva, surge também uma pequena elevação denominada nó primitivo (nó de Hensen). Concomitantemente, forma-se, na linha primitiva, um sulco estreito, o sulco primitivo. O sulco primitivo resulta do movimento de "mergulhamento" ou infiltração de células do epiblasto no interior do disco embrionário. Processo semelhante ocorre no nó primitivo, formando no seu interior uma depressão, a fosseta primitiva. As figuras a seguir dão uma ideia de como são essas estruturas.

***A.** Vista dorsal de um embrião humano com 16 dias. O âmnio foi removido para expor o disco embrionário; **B.** Corte transversal.*

As células que vão sendo formadas na linha primitiva migram e se insinuam entre o ectoderma e o endoderma do embrião, formando o terceiro folheto, o mesoderma embrionário (mesoderma intraembrionário), conforme ilustra a figura a seguir:

***Origem do mesoderma intraembrionário** – Células que migram da linha primitiva (1) para se interpor entre o ectoderma (2) e o endoderma (3).*

Simultaneamente à formação do mesoderma embrionário, forma-se também a notocorda, a partir de células que migram pela borda anterior do nó primitivo. Veja a figura a seguir:

Ainda durante a terceira semana, logo após a formação da notocorda, tem início a neurulação com a formação do tubo neural. A neurulação termina no fim da quarta semana. Durante a neurulação, o embrião é denominado nêurula. As figuras a seguir mostram, resumidamente, a formação do tubo neural.

Formação do tubo neural *–* ***A.*** *Células do ectoderma (3), situadas logo acima da notocorda (1), diferenciam-se constituindo uma região mais espessa do que as outras áreas ectodérmicas. Essa região constitui a placa neural (2). A formação da placa neural se dá a partir de uma indução da notocorda sobre o ectoderma;* ***B.*** *Logo em seguida, a placa neural invagina-se, formando a goteira neural (4);* ***C.*** *O fechamento da goteira neural origina o tubo neural (5), que se destaca do ectoderma;* ***D.*** *Porções laterais da placa neural que não são incorporadas ao tubo neural formam as cristas neurais (6), que correm paralelamente ao tubo neural. O tubo neural dará origem ao SNC (Sistema Nervoso Central), formado pelo encéfalo e pela medula nervosa. As cristas neurais darão origem aos gânglios nervosos e também às meninges (pelo menos a pia-máter e a aracnoide).*

Na quarta semana, ocorre uma mudança de forma do embrião, resultado da combinação de movimentos da curvatura lateral e cefalocaudal. Desse modo, o embrião passa da forma de uma placa plana para uma estrutura cilíndrica. Essas transformações são de difícil compreensão por envolverem movimentos que implicam, simultaneamente, vários aspectos tridimensionais e vários planos de incidência. A figura a seguir representa, resumidamente, um corte transversal do embrião cilíndrico, passando pela porção mediana do corpo.

O mesoderma é subdividido em três regiões: mesoderma para-axial, que está mais próximo da notocorda; mesoderma intermediário e mesoderma lateral. Pouco depois de sua formação, o mesoderma para-axial, que se estendia homogeneamente pelos lados da notocorda, segmenta-se formando blocos de mesoderma, denominados somitos, situados, simetricamente, nos dois lados da notocorda. Com a continuidade do desenvolvimento, cada somito organiza-se em três partes: esclerótomo, miótomo e dermátomo, que darão origem, respectivamente, à coluna vertebral, às fibras musculares esqueléticas e à derme (parte conjuntiva da pele). O mesoderma intermediário terá importante papel na formação dos aparelhos urinário e genital. O mesoderma lateral subdivide-se em dois folhetos: folheto somático e folheto esplâncnico. Esses dois folhetos delimitam uma cavidade, o celoma intraembrionário. O celoma intraembrionário é a cavidade geral do embrião que será posteriormente septada e dividida em três cavidades: pericárdica, pleural e peritoneal.O folheto somático é a parte do mesoderma lateral que fica aderida ao ectoderma, enquanto o folheto esplâncnico fica aderido ao endoderma. O folheto somático do mesoderma e o ectoderma ao qual está aderido formam a somatopleura; o folheto esplâncnico e o endoderma ao qual está aderido formam a esplancnopleura.

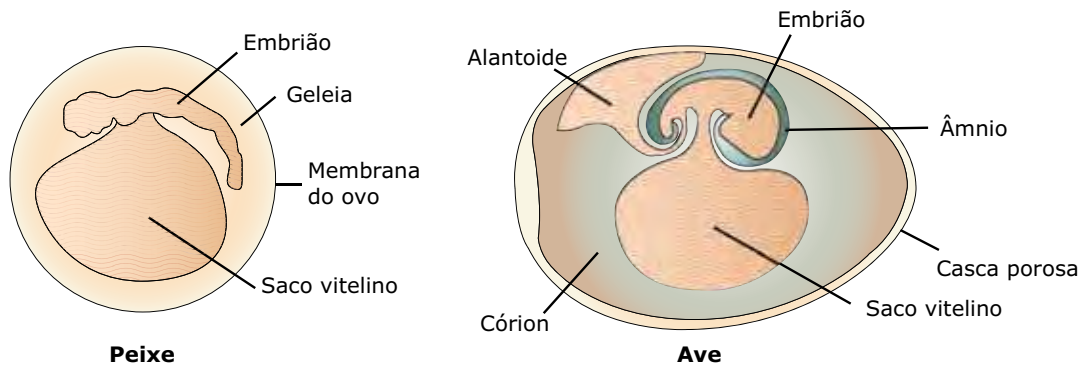
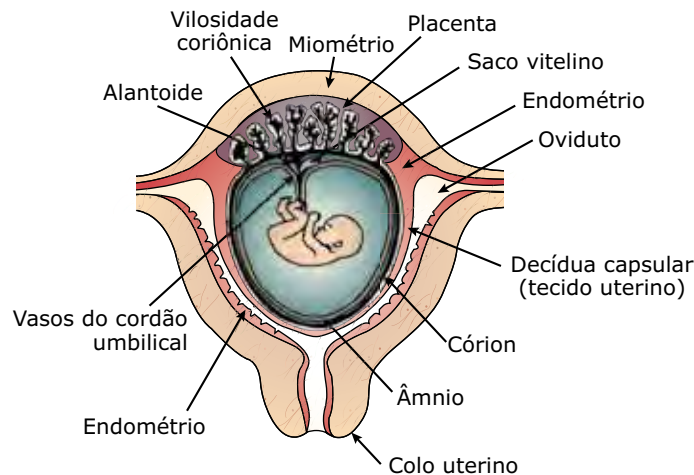
Da quarta à oitava semana, ocorre a histogênese e a organogênese. O quadro a seguir mostra alguns exemplos de estruturas do nosso corpo e suas respectivas origens embrionárias.

Tecidos e órgãos	Origem embrionária
Epiderme e seus anexos (pelos, unhas, glândulas sebáceas, glândulas sudoríparas), melanócitos, glândulas salivares, glândulas lacrimais, mucosa bucal, mucosa anal, tecido nervoso, encéfalo, medula espinhal, hipófise, derme (exceto da cabeça e do pescoço), tecido adiposo da cabeça e do pescoço, musculatura lisa da cabeça e do pescoço.	Ectoderme
Tecidos conjuntivos (exceto a derme, as cartilagens, o tecido ósseo e o tecido adiposo da cabeça e do pescoço), tecidos musculares (exceto o tecido muscular liso da cabeça e do pescoço), endotélio, serosas (pleura, pericárdio e peritônio), gônadas, rins, baço, córtex da adrenal.	Mesoderme
Tecido epitelial do tubo digestório (exceto das mucosas bucal e anal), fígado, pâncreas, epitélio das vias respiratórias (exceto das cavidades nasais), pulmões, epitélio da bexiga, tireoide, paratireoides.	Endoderme

À medida que os tecidos e os órgãos se formam, a forma do embrião se modifica. No final da oitava semana, este já tem uma forma distintamente humana, passando, então, a ser denominado feto.

ANEXOS EMBRIONÁRIOS

Os anexos embrionários são estruturas transitórias, extraembrionárias, que se formam juntamente com o embrião e que realizam importantes funções para o desenvolvimento do mesmo. O quadro a seguir mostra os diferentes anexos embrionários que se formam durante o desenvolvimento embrionário dos animais vertebrados.

Anexos embrionários					
Animais	Saco vitelino	Âmnio	Alantoide	Córion	Placenta
Peixes	+	–	–	–	–
Anfíbios	+	–	–	–	–
Répteis	+	+	+	+	–
Aves	+	+	+	+	–
Mamíferos ovíparos	+	+	+	+	–
Mamíferos vivíparos	+ (atrofiado)	+	+ (atrofiado)	+	+

Anexos embrionários em peixes e aves

Embrião humano, anexos embrionários e útero *– A chamada decídua, indicada na figura anterior, corresponde à camada de endométrio que ficou recobrindo o ovo após a nidação. A decídua também tem função protetora.*

- **Saco vitelino (vesícula vitelina)** – Origina-se do endoderma e do mesoderma e tem como principal função a nutrição do embrião, já que armazena o vitelo (lécito) que fornecerá nutrientes para o desenvolvimento do mesmo. Nos anfíbios, o vitelo fica contido nos macrômeros, não formando, assim, uma vesícula vitelina típica. Nos peixes, répteis, aves e mamíferos ovíparos, ele é muito desenvolvido. Já nos mamíferos placentários, esse anexo atrofia-se gradativamente, até desaparecer quase que por completo, sendo incorporado ao cordão umbilical.

BIOLOGIA

Embora se torne um anexo atrofiado nos mamíferos placentários, nas primeiras semanas do desenvolvimento embrionário desses animais, o saco vitelino exerce importante função hematopoiética, formando as primeiras hemácias do embrião. Posteriormente, essa função passa a ser realizada pelo mesênquima (um tecido embrionário originário do mesoderma); mais tarde, passa a ser realizada pelo fígado e pelo baço. Após o nascimento do indivíduo, a função de produzir hemácias é desempenhada exclusivamente pela medula óssea vermelha.

- **Âmnio (vesícula amniótica; bolsa amniótica)** – Origina-se do ectoderma e do mesoderma. É uma grande bolsa que acumula gradativamente um líquido claro, o líquido amniótico, no qual fica mergulhado o embrião. Esse líquido tem como função evitar o ressecamento do embrião (proteção contra desidratação), como também atenuar qualquer abalo ou choque mecânico. Cerca de 90% do líquido amniótico é constituído por água. O restante está representado por sais inorgânicos e orgânicos, proteínas, carboidratos, hormônios. Em suspensão nesse líquido, encontram-se células epiteliais fetais descamadas. As células soltam-se do embrião e flutuam no líquido amniótico que as banha. Com uma agulha, uma pequena amostra desse líquido pode ser retirada para análise, sendo esse exame denominado amniocentese. As células vivas obtidas dessa amostra podem ser cultivadas e usadas para análises genéticas e bioquímicas. Essas análises podem revelar o sexo do feto, assim como marcadores genéticos para doenças e síndromes cromossômicas. Na espécie humana, a amniocentese é realizada, normalmente, após a 14ª semana de gestação, e os resultados demoram cerca de duas semanas para estar completos.

  Na sequência evolutiva dos vertebrados, o âmnio tornou o processo de desenvolvimento embrionário independente da água do meio ambiente, seja no interior de um ovo terrestre (répteis, aves e mamíferos ovíparos), seja no interior do útero (mamíferos vivíparos).

  Os animais que desenvolvem o âmnio durante a sua embriogênese denominam-se amniotas, e os que não o formam são chamados de anamniotas. Peixes e anfíbios são anamniotas, enquanto os répteis, as aves e os mamíferos são amniotas.

- **Alantoide** – Formado a partir do endoderma do intestino primitivo, junto à extremidade caudal do embrião, de onde um grupo de células começa a proliferar, originando uma pequena bolsa chamada alantoide.

  Nos mamíferos placentários, o alantoide é bastante rudimentar (atrofiado). Ainda assim, tem papel importante porque participa da formação do cordão umbilical. Seus vasos sanguíneos se transformam na veia e nas artérias umbilicais.

  Nos vertebrados ovíparos, o alantoide é bem-desenvolvido e cresce até alcançar a casca do ovo, sendo responsável pelas seguintes funções:

  - **Função respiratória** – É através do alantoide que ocorrem as trocas gasosas (O_2 e CO_2) entre o embrião e o meio externo.
  - **Função excretora** – O alantoide recebe e acumula as excretas nitrogenadas provenientes do metabolismo proteico embrionário que, nos vertebrados ovíparos, é constituído basicamente pelo ácido úrico.
  - **Transporte de cálcio** – Através do alantoide, uma certa quantidade de cálcio é retirada da casca do ovo e transportada até o embrião, no qual é utilizada na formação das primeiras estruturas esqueléticas ósseas.

  Peixes e anfíbios são animais analantoidianos, ou seja, não formam o alantoide durante o desenvolvimento embrionário. Répteis, aves e mamíferos são animais alantoidianos.

- **Córion** – Nos vertebrados ovíparos, o córion é apenas uma membrana protetora, originária do ectoderma e do mesoderma, que envolve o embrião e os outros anexos embrionários. Nos embriões desses animais, algumas regiões do alantoide aderem firmemente ao córion, formando o corioalantoide (ou membrana corioalantoide). Sendo vascularizada e localizada logo abaixo da casca porosa do ovo, a membrana corioalantoide permite a ocorrência de trocas gasosas entre o embrião e o ar atmosférico.

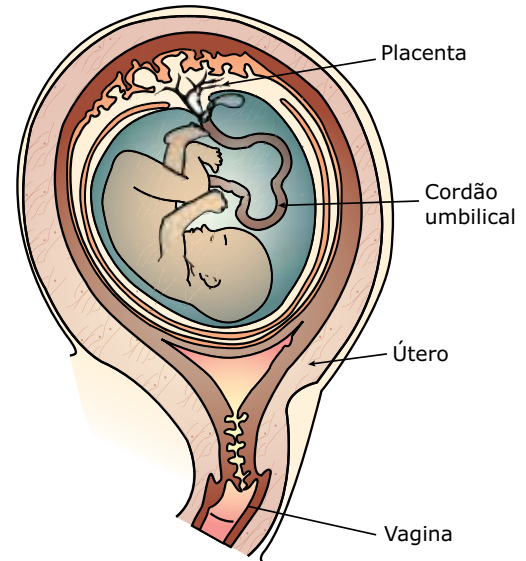
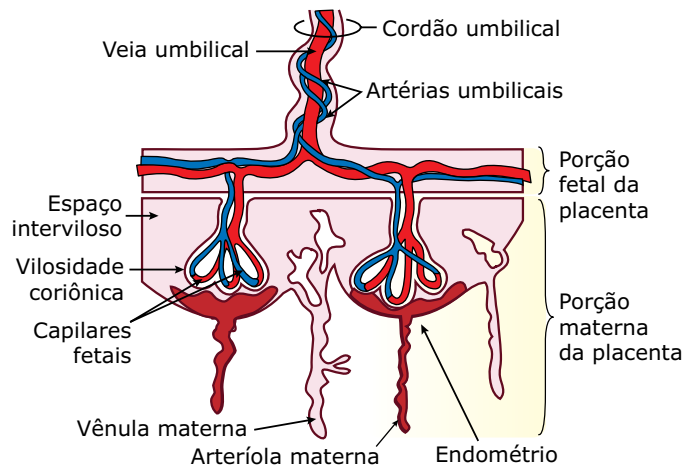
  Nos mamíferos eutérios, o córion desenvolve-se a partir do trofoblasto, diferenciando-se em duas partes: córion liso e córion frondoso. O córion liso é a parte mais delgada que fica grudada à face externa da membrana amniótica. O córion frondoso avoluma-se mais, formando as vilosidades coriônicas, que participam da formação da placenta. Além de participar da formação da placenta, o córion frondoso ajuda a manter o embrião fixado à parede uterina. Informações sobre defeitos genéticos e cromossômicos também podem ser obtidas a partir do córion, através de uma técnica chamada de amostra da vilosidade coriônica. Atualmente, essa técnica está sendo mais utilizada do que a amniocentese. O exame consiste em retirar uma pequena amostra de tecido da superfície das vilosidades coriônicas.

Na espécie humana, esse exame é realizado na oitava semana de gestação, portanto, mais precocemente do que a amniocentese e os resultados ficam prontos em alguns dias. Além disso, como os resultados da amniocentese são fornecidos depois da 14ª semana de gestação, a interrupção da gravidez, devido à constatação de anormalidade no feto, feita neste estágio do desenvolvimento embrionário poderá acarretar mais risco à saúde da mãe do que um aborto realizado em estágio mais precoce.

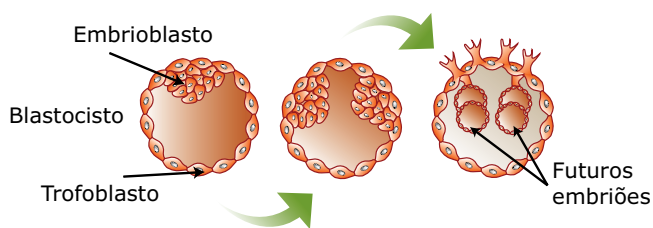
- **Placenta** – É formada pelas vilosidades coriônicas e pela mucosa uterina (endométrio) onde essas vilosidades penetram. Tem, portanto, em sua constituição, tecidos materno e fetal. Na placenta, capilares pertencentes à circulação fetal estão em íntima relação com a circulação materna. O sangue da mãe e do feto circulam bem próximos, sem, contudo, haver mistura dos dois. Entretanto, devido a essa proximidade, ocorre difusão de nutrientes e O_2 da circulação materna para a circulação fetal, bem como de CO_2 e excretas nitrogenadas da circulação fetal para a circulação materna.

  A placenta desempenha as seguintes funções:

  - **Trocas gasosas materno-fetais** – O O_2 presente na circulação materna, por difusão, alcança a circulação fetal, enquanto o CO_2 da circulação fetal se difunde para a circulação materna. Portanto, é na placenta que ocorre a oxigenação do sangue (hematose) fetal. Assim, a placenta desempenha importante função respiratória para o concepto.
  - **Nutrição** – Substâncias nutritivas, como glicose, aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc., também passam dos capilares placentários maternos para os capilares placentários fetais.
  - **Excreção** – Na rede de capilares placentários, os catabólitos provenientes do metabolismo fetal passam para a circulação materna. São levados para os órgãos excretores maternos para, então, serem eliminados para o meio externo.
  - **Imunização** – Muitos anticorpos produzidos pelo organismo materno passam para o organismo fetal através da placenta. Esses anticorpos recebidos da mãe conferem temporariamente (até cerca de seis meses após o nascimento) uma proteção contra várias doenças infecciosas para as quais a mãe tenha sido sensibilizada naturalmente.
  - **Função endócrina ou hormonal** – Logo no início de sua formação, a placenta produz o HCG (gonadotrofina coriônica) que atuará no ovário, impedindo a degeneração do corpo amarelo, mantendo-o em atividade até aproximadamente o quarto mês de gestação. Por volta dessa época, o corpo amarelo (corpo lúteo) começa a regredir e a placenta, já mais desenvolvida, passa a produzir progesterona e também certa quantidade de estrógeno.

A placenta comunica-se com o embrião através do cordão umbilical, que muitos autores consideram como outro anexo embrionário.

O cordão umbilical origina-se do alantoide e do pedículo embrionário. É uma estrutura longa, mais ou menos cilíndrica, que possui em seu interior duas artérias e uma veia que fazem comunicação com os capilares placentários do feto. As artérias umbilicais transportam sangue venoso, enquanto a veia umbilical faz transporte de sangue arterial. Preenchendo os espaços entre os vasos sanguíneos umbilicais, encontramos o tecido conjuntivo mucoso, que é conhecido também como geleia de Wharton.

Placenta *– Os espaços intervilosos, cheios de sangue materno, são derivados de "lacunas", que se desenvolvem a partir do sinciciotrofoblasto. Através da fina barreira que separa esse sangue materno dos capilares fetais no interior das vilosidades coriônicas, ocorre troca de materiais: nutrientes, oxigênio e água, provindos do sangue materno, passam para a veia umbilical; o dióxido de carbono e resíduos nitrogenados, como a ureia, trazidos à placenta pela artéria umbilical, passam para o sangue da mãe.*

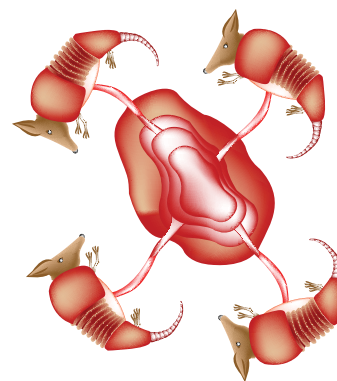
FORMAÇÃO DE GÊMEOS

Os gêmeos univitelinos, também chamados de monozigóticos (MZ), ou de gêmeos "verdadeiros", descendem do mesmo "óvulo" e do mesmo espermatozoide, ou seja, são resultantes do desenvolvimento de uma única célula-ovo ou zigoto. São sempre do mesmo sexo e apresentam a mesma constituição genética, ou seja, os seus genótipos são idênticos. A formação de gêmeos monozigóticos usualmente começa no estágio de blastocisto (blástula) e resulta da divisão do embrioblasto (massa celular interna) em dois primórdios embrionários (botões germinativos) que se desenvolvem dando origem a dois embriões (65% dos casos de MZ), cada um com sua bolsa amniótica, compartilhando um só córion e uma placenta (placenta gemelar monocoriônico-diamniótica). Entretanto, cada um dos gêmeos liga-se à placenta por seu próprio cordão umbilical.

Gêmeos monozigóticos formados pela divisão do embrioblasto (blastodierese) *– Em um blastocisto já formado, o embrioblasto divide-se em dois ou mais grupos celulares. Forma-se, então, um blastocisto com mais de um embrioblasto e um único trofoblasto. Cada embrioblasto dará origem a um embrião, mas a placenta será a mesma para todos eles.*

Mais raramente, também, pode ocorrer a formação de gêmeos MZ devido à separação precoce dos blastômeros, durante o estágio em que há de duas a oito células. Neste caso, haverá a formação de gêmeos MZ com dois âmnios, dois córions e duas placentas, que podem estar ou não fundidas.

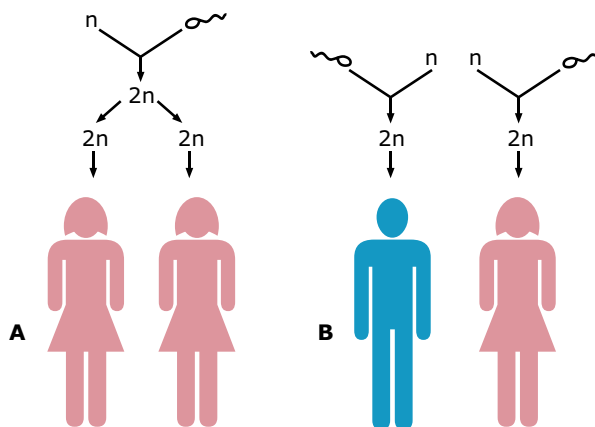
Em casos ainda mais raros, também pode ocorrer a formação de gêmeos MZ devido à diferenciação de dois discos embrionários dentro do mesmo blastocisto. Neste caso, os gêmeos estarão numa mesma bolsa amniótica e também terão em comum a placenta e o córion. Cada embrião, entretanto, terá o seu próprio cordão umbilical.

Os chamados gêmeos xipófagos (gêmeos siameses) podem se formar quando o disco embrionário não se dividir completamente. Assim, os gêmeos MZ podem nascer interligados por alguma parte do corpo. Em alguns casos, os gêmeos estão ligados entre si apenas pela pele ou por tecidos cutâneos e, em outros, compartilham apenas determinados órgãos (por exemplo, fígado fundido). Em alguns casos, os gêmeos xipófagos podem ser separados com sucesso por procedimentos cirúrgicos.

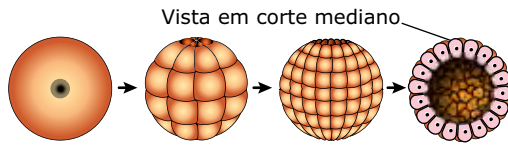
Denomina-se poliembrionia a formação de dois ou mais embriões, a partir de um único zigoto. Em algumas espécies, a poliembrionia é um fenômeno constante.

Poliembrionia em tatu *– Nos tatus, por exemplo, cada zigoto sempre dará origem a quatro tatuzinhos. A consequência da poliembrionia é a formação de gêmeos monozigóticos.*

Os gêmeos bivitelinos, também chamados de dizigóticos (DZ), gêmeos fraternos ou de "falsos gêmeos", descendem de zigotos distintos, ou seja, de "óvulos" distintos, cada um deles fecundado por um espermatozoide diferente. Assim, surgem duas ou mais células–ovo ou zigotos. Podem ser ou não do mesmo sexo e apresentam constituição genética diferente.

Para ocorrer a formação de gêmeos dizigóticos, é necessário que ocorra com a fêmea o fenômeno da poliovulação, isto é, liberação de dois ou mais "óvulos" ao mesmo tempo ou em pequenos intervalos de tempo.

Cerca de dois terços dos gêmeos são dizigóticos. A semelhança genética entre eles é a mesma que existe entre irmãos ou irmãs nascidos em épocas diferentes. Sempre têm dois âmnios e dois córions. As duas placentas podem estar fundidas ou não. Cada embrião tem seu próprio cordão umbilical.

*Em **A**, gêmeos univitelinos. São provenientes do mesmo "óvulo" e do mesmo espermatozoide e, consequentemente, de um mesmo zigoto. São do mesmo sexo e têm a mesma constituição genética, embora as impressões digitais possam ser diferentes. Em **B**, gêmeos bivitelinos. São provenientes de "óvulos" e espermatozoides diferentes e, consequentemente, de zigotos diferentes. Podem ser ou não do mesmo sexo e não são geneticamente idênticos.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Unifor-CE) A figura mostra o desenvolvimento inicial de um animal:

Pela figura, o desenvolvimento foi mostrado até a fase de

A) zigoto.

B) mórula.

C) gástrula.

D) blástula.

E) nêurula.

02. (PUC Minas) Logo após a fecundação, a célula-ovo sofre várias divisões. Tendo em vista essas divisões, é **CORRETO** dizer que

A) são todas mitoses normais, e as células resultantes são sempre haploides.

B) ocorrem praticamente sem aumento de volume do ovo, e as células resultantes são os blastômeros.

C) são muito rápidas e resultam em células cada vez menores para reduzir o número de cromossomos.

D) a velocidade dessas divisões está na dependência da quantidade de vitelo, e as células com pouco vitelo praticamente não se dividem.

E) essas divisões são imprevisíveis, e o resultado é sempre a formação da mórula, que deve apresentar uma cavidade interna.

03. (PUC Minas) É característica de ovos ricos em vitelo

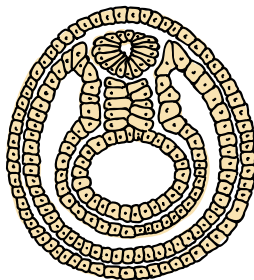
A) apresentarem desenvolvimento rápido, por não dependerem do meio interno.

B) a riqueza de vitelo comprimir o núcleo na periferia, nos mamíferos.

C) o vitelo estar confinado a um dos polos da célula, conhecido como polo animal.

D) terem velocidade de segmentação lenta, de acordo com a regra de Balfour.

E) pertencerem às aves e serem classificados como mediolécitos.

04. (UFMG) No esquema, todas as estruturas podem ser observadas, **EXCETO**

A) Tubo neural

B) Notocorda

C) Ectoderme

D) Celoma

E) Blastóporo

05. (UDESC) Da gestação de uma mulher, nasceram duas crianças. Sobre o fato, foram levantadas algumas hipóteses. Assinale a **CORRETA**.

A) Se as crianças forem de sexos diferentes, sua origem foi por poliembrionia.

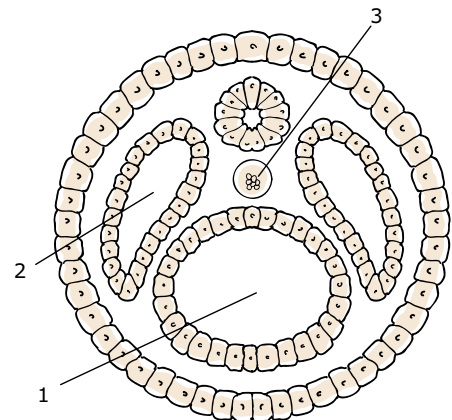
B) Se forem dois meninos, pode ter ocorrido poliembrionia.

C) Se forem univitelinos (ou monozigóticos), sua origem foi a poliovulação.

D) Se forem crianças idênticas, originaram-se pelo fenômeno da poliovulação.

E) Se as crianças forem do mesmo sexo, então, certamente, ocorreu o fenômeno da poliembrionia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFU-MG)

Observando o corte de um embrião anteriormente esquematizado podemos afirmar que

I. trata-se do embrião de um Chordata.

II. o número 1 representa o arquêntero.

III. o número 2 indica o celoma.

IV. o número 3 representa o tubo neural.

Para responder a esta questão, utilize o seguinte código:

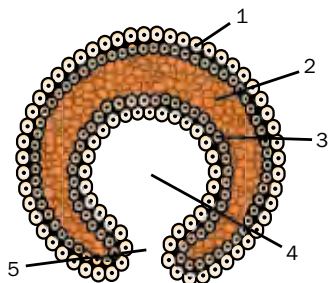
A) Se apenas I, II e III forem corretas.

B) Se apenas I e II forem corretas.

C) Se apenas II e IV forem corretas.

D) Se apenas a IV for correta.

E) Se todas forem corretas.

02. (Unip-SP) O esquema a seguir representa o estágio embrionário conhecido por gástrula:

A blastocele está assinalada pelo número

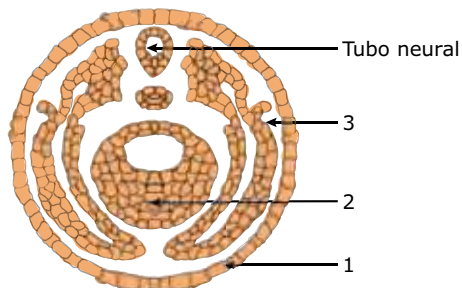
A) 1. B) 2. C) 3. D) 4. E) 5.

03. (UFMG) Os tecidos nervoso e muscular originam-se, respectivamente, do

A) mesoderma e endoderma.
B) ectoderma e mesoderma.
C) endoderma e ectoderma.
D) endoderma e mesoderma.
E) mesoderma e ectoderma.

04. (UFMG) Todas as alternativas a seguir apresentam relações certas entre folhetos embrionários e tecidos animais deles originados, **EXCETO**

A) Ectoderma – Tecido epitelial de revestimento.
B) Endoderma – Tecido muscular cardíaco.
C) Mesoderma – Tecido muscular esquelético.
D) Endoderma – Tecido epitelial glandular.
E) Mesoderma – Tecido conjuntivo.

05. (UFRGS) O esquema a seguir representa um corte transversal de um animal, mostrando os três folhetos embrionários básicos:

Considere as seguintes afirmativas, a partir do esquema:

I. O animal é um celomado.
II. Os rins originam-se do mesoderma, folheto embrionário indicado pelo número 3.
III. O tubo neural, que formará o sistema nervoso, origina-se do ectoderma, folheto embrionário indicado pelo número 1.

Quais estão **CORRETAS**?

A) Apenas I
B) Apenas II
C) Apenas III
D) Apenas II e III
E) I, II e III

06. (UFRN–2010) Assinale a alternativa **INCORRETA** quanto ao reino animal.

A) Os animais, em sua maioria, são celomados.
B) Os platelmintos são organismos acelomados.
C) Os anelídeos são organismos pseudocelomados.
D) Os nematódeos são organismos pseudocelomados.
E) Animais diblásticos possuem apenas dois folhetos embrionários: ectoderma e endoderma.

07. (UNIRIO-RJ) Uma mulher grávida sofre irradiação com raios X. No momento da irradiação, o embrião estava sob a forma de gástrula e somente as células da ectoderme foram atingidas.

Poderão sofrer mutação os tecidos

A) nervoso, conjuntivo e epiderme.
B) nervoso e do aparelho circulatório.
C) nervoso e epiderme.
D) conjuntivo, do aparelho urinário e muscular.
E) de revestimento do tubo digestório, urinário e reprodutivo.

08. (UFU-MG–2006) Faça a correlação entre os anexos embrionários apresentados na coluna A e as funções descritas na coluna B.

COLUNA A	COLUNA B
1. Alantoide	a. Protege o embrião contra traumatismos.
2. Vesícula vitelina	b. Exerce função endócrina (produz progesterona e gonadotrofina coriônica).
3. Líquido amniótico	c. Participa da realização de trocas gasosas e armazenamento de excreções.
4. Placenta	d. Importante no processo de nutrição de embriões de peixes, répteis e aves.

Assinale a alternativa que apresenta a correlação **CORRETA**.

A) 1-a; 2-b; 3-c; 4-d
B) 1-d; 2-c; 3-a; 4-b
C) 1-b; 2-d; 3-a; 4-c
D) 1-c; 2-d; 3-a; 4-b

09. (PUC Minas) No cordão umbilical, são encontradas

A) uma artéria e duas veias.

B) uma artéria e uma veia.

C) três artérias que conduzem sangue venoso.

D) duas artérias e duas veias.

E) duas artérias e uma veia.

10. (VUNESP) Uma senhora deu à luz dois gêmeos de sexos diferentes. O marido, muito curioso, deseja saber informações sobre o desenvolvimento de seus filhos, a partir da fecundação. O médico respondeu-lhe, **CORRETAMENTE**, que

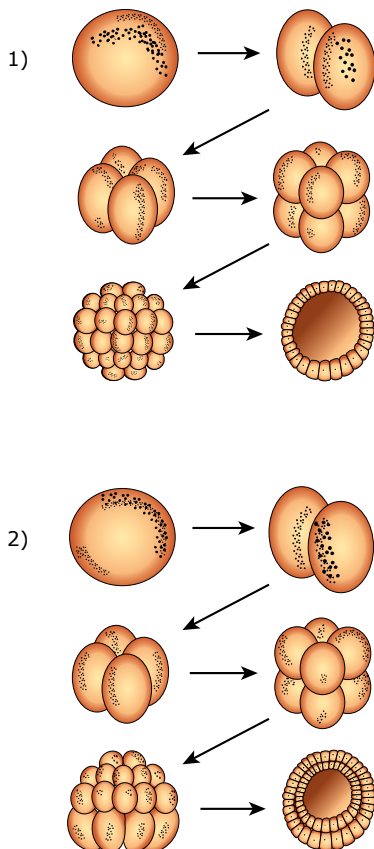
A) dois óvulos foram fecundados por um único espermatozoide.

B) um óvulo, fecundado por um espermatozoide, originou um zigoto, o qual dividiu-se em dois zigotos, formando dois embriões.

C) um óvulo foi fecundado por dois espermatozoides, constituindo dois embriões.

D) dois óvulos, isoladamente, foram fecundados, cada um por um espermatozoide, originando dois embriões.

E) o uso de medicamentos durante a gestação causou alterações no zigoto, dividindo-o em dois.

11. (UFPE–2009) Observe a segmentação de dois tipos de ovos representados a seguir e analise como **VERDADEIRA (V)** ou **FALSA (F)** as proposições seguintes.

1. ( ) A segmentação 1 é do tipo holoblástica ou total, típica de ovos com pouco vitelo (oligolécitos), que podem ser encontrados em mamíferos.

2. ( ) A segmentação 2 é holoblástica ou total, desigual. Nela, o zigoto tem um polo animal e um polo vegetativo e pode ser encontrada em anfíbios.

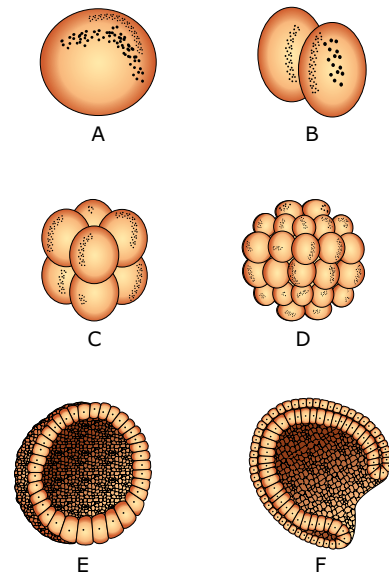
3. ( ) A segmentação 2 é típica dos ovos telolécitos, devido ao modo como o vitelo está distribuído, tendo micrômeros no polo vegetativo, e macrômeros no polo animal.

4. ( ) Ao final da segmentação 1, observamos o aparecimento de uma cavidade central que, na segmentação 2, é relativamente menor e excêntrica, características da mórula.

5. ( ) Os processos de segmentação 1 e 2 conduzem à formação de um disco germinativo, ou cicatrícula, que origina o embrião.

12. (Unicamp-SP–2009) Recentemente, pesquisadores brasileiros conseguiram produzir a primeira linhagem de células-tronco a partir de embrião humano. As células-tronco foram obtidas de um embrião em fase de blástula, de onde foram obtidas células que, posteriormente, foram colocadas em meio de cultura para se multiplicarem.

A) As células-tronco embrionárias podem solucionar problemas de saúde atualmente incuráveis. Quais características dessas células-tronco permitem que os pesquisadores possam utilizá-las no futuro para este fim?

B) Blástula é uma etapa do desenvolvimento embrionário de todos os animais. **IDENTIFIQUE** entre as figuras a seguir qual delas corresponde à fase de blástula e **INDIQUE** uma característica que a diferencia da fase anterior e da posterior do desenvolvimento embrionário.

SEÇÃO ENEM

01. Numa maternidade, uma parturiente que deu à luz gêmeos do mesmo sexo, sem anomalias genéticas, interessou-se em saber se os mesmos eram monozigóticos ou dizigóticos.

Entre os diferentes métodos utilizados para determinar-se a zigosidade, está o exame dos anexos embrionários. A tabela a seguir mostra a frequência de gêmeos mono e dizigóticos com base nesse tipo de exame.

Zigosidade	Um córion		Dois córions	
	Um âmnio	Dois âmnios	Uma placenta	Duas placentas
Monozigóticos	Raro	65%	25%	10%
Dizigóticos	–	–	40%	60%

Fonte: THOMPSON & THOMPOSON. *Genética médica*, 1993.

Para atender à solicitação dessa mãe, realizou-se o exame dos anexos embrionários dos gêmeos, que indicou a presença de dois córions e de duas placentas.

Com base no resultado desse exame e nas informações da tabela, é correto dizer que

A) os gêmeos certamente são dizigóticos.

B) os gêmeos foram formados a partir de um único zigoto.

C) os gêmeos são geneticamente idênticos.

D) é mais provável que os gêmeos sejam dizigóticos.

E) os gêmeos foram formados devido à divisão do embrioblasto na fase de blástula.

02. Após a fecundação do óvulo pelo espermatozoide, é formado o zigoto, que passará por sucessivas etapas de divisões mitóticas e diferenciação celular, até formar um indivíduo propriamente dito. Esses eventos são denominados embriogênese, ou desenvolvimento embrionário, e suas etapas são: segmentação, gastrulação e organogênese.

Disponível em: www.mundoeducacao.com.br. Acesso em: 20 maio 2011.

As figuras a seguir mostram algumas fases do desenvolvimento embrionário humano.

A formação da blástula, fase que marca o término da segmentação e antecede a gastrulação, está representada pela figura

A) A.

B) B.

C) C.

D) D.

E) E.

GABARITO

Fixação

01. D

02. B

03. D

04. E

05. B

Propostos

01. A

02. B

03. B

04. B

05. E

06. C

07. C

08. D

09. E

10. D

11. V V F F F

12. A) São células indiferenciadas com capacidade de originar qualquer tipo de célula do organismo.

B) A blástula é a figura E. Uma característica que diferencia essa etapa da anterior (mórula) é a presença de uma cavidade denominada blastocele; uma característica que a diferencia da fase posterior (gástrula) pode ser a presença de arquêntero ou a presença de blastóporo ou, ainda, a presença de folhetos embrionários.

Seção Enem

01. D

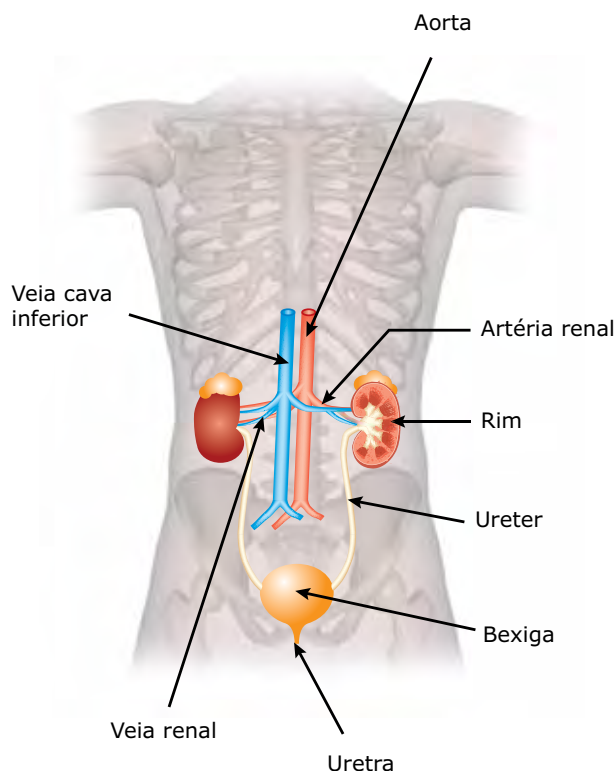
02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 11 | FRENTE B

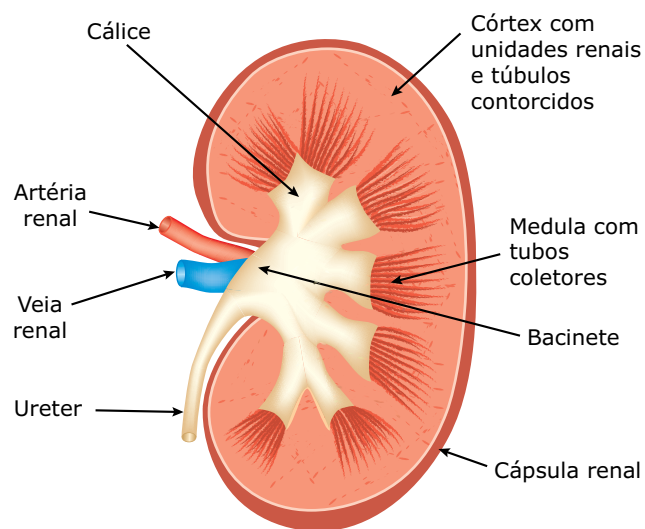
Sistema urinário

Durante as reações do metabolismo celular, formam-se resíduos denominados catabólitos que, por serem inúteis e muitas vezes tóxicos, devem ser eliminados para o meio externo. A excreção consiste na eliminação desses catabólitos, bem como na eliminação de substâncias que estejam em excesso no meio interno.

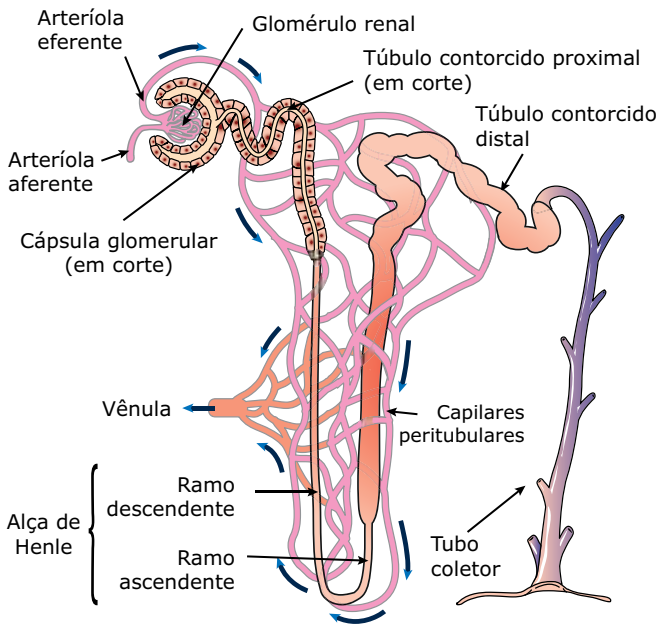
Entre os catabólitos, temos as excretas nitrogenadas (amônia, ureia, ácido úrico), provenientes de reações metabólicas que envolvem a participação de compostos nitrogenados, como aminoácidos e proteínas. As excretas nitrogenadas são retiradas do meio interno e conduzidas ao meio externo através do sistema urinário.

Sistema urinário humano *– Constituído pelos rins, ureteres, bexiga e uretra.*

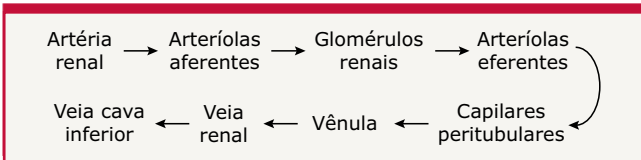
Os rins humanos possuem uma morfologia típica que lembra grãos de feijão, envolvidos por uma cápsula, a cápsula renal, constituída por tecido conjuntivo denso e, portanto, rico em fibras colágenas. Logo abaixo dessa cápsula, fica a região cortical (região mais periférica do órgão) também conhecida por córtex renal, seguida da região mais central, a medula renal.

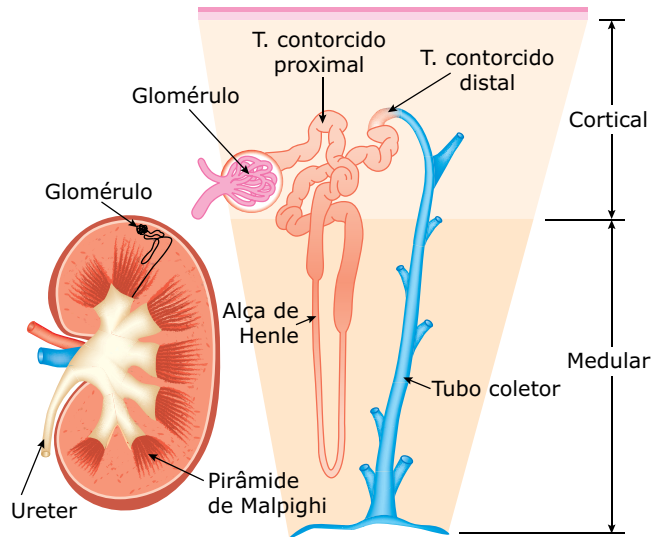
A medula renal é composta de 10 a 18 estruturas de aspecto piramidal, as pirâmides renais (pirâmides de Malpighi), cujos vértices se comunicam com os cálices renais, os quais se reúnem para formar o bacinete (pelve renal), que é a parte superior e dilatada do ureter (canal que comunica o rim com a bexiga).

Em cada rim, penetra uma artéria – a artéria renal – que é um ramo da artéria aorta. No interior do rim, a artéria renal origina arteríolas que, por sua vez, dão origem a uma rede de capilares. Esses capilares reúnem-se formando vênulas que desembocam numa veia, a veia renal. A veia renal sai do rim e abre-se na veia cava inferior.

Rim humano (esquerdo) em corte longitudinal

Cada rim humano possui cerca de um milhão de unidades denominadas néfrons. Cada néfron, por sua vez, é constituído por um corpúsculo ou glomérulo de Malpighi, pelo túbulo contorcido (contornado) proximal, pela alça néfrica (alça de Henle) e pelo túbulo contorcido distal.

Veja a seguir o esquema de um néfron.

Estruturas de um néfron

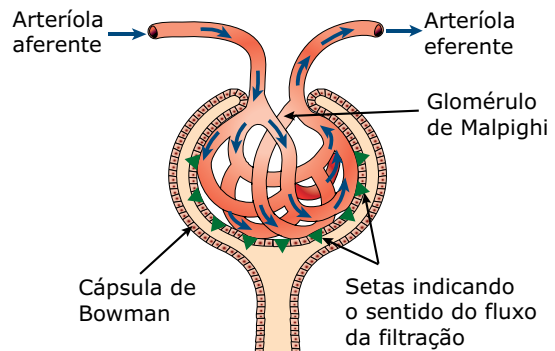
Cada glomérulo de Malpighi é um novelo de vasos sanguíneos de menor calibre, originários de uma arteríola, a arteríola aferente, envolvido por uma cápsula, a cápsula de Bowman (cápsula glomerular). Do glomérulo sai a arteríola eferente que origina uma extensa rede de capilares que envolve os túbulos renais. Esses capilares peritubulares reúnem-se formando uma vênula que, por sua vez, desemboca na veia renal. Assim, o sangue proveniente da artéria aorta, ao penetrar no rim, segue a seguinte trajetória:

A cavidade da cápsula de Bowman comunica-se com um túbulo de trajetória retorcida, o túbulo contorcido proximal. Este, por sua vez, é continuado por um túbulo em forma de U, a alça néfrica (alça de Henle), que possui dois ramos: um descendente (de paredes mais delgadas) e um ascendente (de paredes mais espessas). O ramo ascendente da alça néfrica é continuado pelo túbulo contorcido distal que, por sua vez, desemboca no tubo coletor. Em um mesmo tubo coletor, desembocam túbulos distais provenientes de diversos néfrons. A reunião de vários tubos coletores forma uma pirâmide de Malpighi, cujo vértice se abre num cálice renal. Os cálices renais, por sua vez, abrem-se no bacinete renal, de onde sai o ureter em direção à bexiga.

Os glomérulos de Malpighi e os túbulos contorcidos (proximais e distais) são encontrados na região cortical do rim, enquanto as alças néfricas se localizam na região medular do órgão.

À esquerda, corte esquemático do rim, representando a tomografia geral do órgão. A figura da direita mostra a localização cortical e medular dos componentes do néfron e do sistema de tubos coletores.

Os néfrons são as unidades fisiológicas dos rins, uma vez que nessas estruturas é que ocorre o processo de formação da urina.

A FORMAÇÃO DA URINA

A formação da urina envolve três etapas: filtração, reabsorção e secreção ativa.

A) **Filtração** – Consiste na passagem de substâncias do plasma sanguíneo, que passa pelo glomérulo de Malpighi, para o interior da cavidade da cápsula de Bowman. A força responsável por essa filtração é a própria pressão sanguínea no interior do glomérulo. Essa pressão, que normalmente é de 70 a 80 mmHg, é suficiente para fazer com que aproximadamente 1/5 do plasma atravesse as paredes do glomérulo e caia na cavidade da cápsula de Bowman. Essa filtração é conhecida por filtração glomerular (filtração renal, ultrafiltração glomerular). O material retirado do sangue através dessa filtração recebe o nome de filtrado glomerular.

A filtração glomerular

O filtrado glomerular é constituído por moléculas relativamente pequenas (água, glicose, aminoácidos, vitaminas, ácido úrico, ureia, etc.) e íons (Na^+, $C\ell^-$, Ca^{++}, etc.). Macromoléculas, como as proteínas de alto peso molecular, não conseguem passar através das paredes dos glomérulos e, por isso, normalmente não são encontradas no filtrado glomerular. Em condições normais, as células sanguíneas também não são encontradas nesse filtrado.

Calcula-se que, em todos os néfrons, cerca de 120 mL de plasma extravasam por minuto, o que corresponde à formação de, aproximadamente, 7 litros de filtrado por hora. Da cápsula de Bowman, o filtrado passa para o interior dos túbulos renais, onde a maior parte das substâncias que o constituem retorna para o sangue através da reabsorção.

B) Reabsorção renal (reabsorção tubular) – É o retorno para a corrente sanguínea de substâncias do filtrado glomerular. Isso é feito através das paredes dos túbulos renais, ou seja, substâncias que foram filtradas do sangue, agora presentes no interior dos túbulos renais, atravessam as parede desses túbulos e as paredes dos capilares peritubulares, retornando, assim, para a corrente sanguínea. Essa reabsorção pode ser ativa ou passiva. Na reabsorção ativa, substâncias como a glicose, os aminoácidos e os sais retornam à circulação por mecanismo de transporte ativo, ou seja, com gasto de energia (ATP), enquanto a água é reabsorvida passivamente por osmose.

No túbulo proximal, há uma intensa reabsorção ativa de toda a glicose, da totalidade de aminoácidos e de cerca de 85% dos íons (Na^+ e $C\ell^-$) contidos no filtrado. Com a reabsorção desses solutos, há uma diminuição da concentração do líquido tubular (líquido presente no interior do túbulo renal), que se torna, então, hipotônico em relação ao plasma dos capilares peritubulares. Desse modo, tem início no túbulo proximal uma reabsorção passiva de água (osmose). No túbulo proximal, há absorção de cerca de 85% da água contida no filtrado. Essa reabsorção continua através do ramo descendente da alça néfrica.

No ramo ascendente da alça néfrica, as paredes são mais espessas e impermeáveis à água. No entanto, aí ocorre reabsorção ativa de sódio e cloro que são transferidos para o espaço intersticial (peritubular), o que torna o líquido tubular hipotônico (menos concentrado) em relação ao líquido intercelular da região medular do rim. Dessa região, os sais passam para o interior dos capilares peritubulares.

No túbulo contorcido distal, há absorção ativa de sódio e, em presença do hormônio antidiurético (ADH), também haverá reabsorção de água (o ADH torna as paredes do túbulo distal mais permeáveis à água). Ao chegar no tubo coletor, caso haja a presença do hormônio antidiurético, também haverá reabsorção de mais água e, assim, a urina eliminada será hipertônica (mais concentrada). Na ausência desse hormônio, as paredes do túbulo distal e do tubo coletor tornam-se menos permeáveis à água e, desse modo, a urina eliminada será hipotônica (mais diluída).

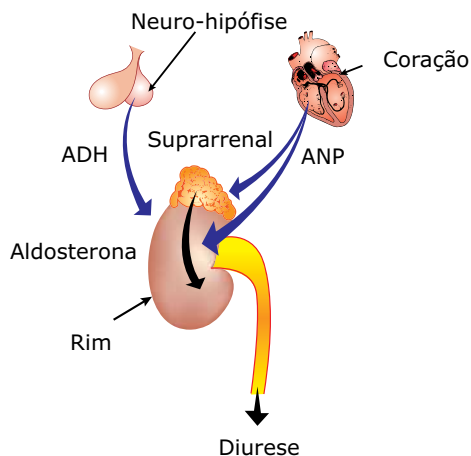
C) Secreção ativa – Consiste na passagem de substâncias do interior dos capilares peritubulares para o interior dos túbulos renais. Isso é feito por mecanismo de transporte ativo. Por esse processo, são eliminados, por exemplo, os íons H^+ que estejam em excesso no sangue, o que evita o abaixamento do pH do sangue e torna a nossa urina ácida. É também por esse processo que certos medicamentos, presentes no sangue de pessoas em tratamento (antibióticos, por exemplo), são jogados no interior dos túbulos renais e eliminadas junto com a urina. Isso explica o encontro de uma maior taxa de antibiótico na urina do que no filtrado glomerular.

Através dos tubos coletores, a urina chega aos cálices renais que, por sua vez, se abrem no bacinete. Do bacinete, a urina sai através do ureter, sendo levada à bexiga, onde ficará armazenada até o momento de ser eliminada, através da uretra, para o meio externo. Nas mulheres, a uretra abre-se na vulva (genitália externa), sendo um órgão que dá passagem apenas à urina. No sexo masculino, a uretra percorre internamente o pênis, abrindo-se na glande (extremidade do pênis), que, além da urina, também dá passagem ao esperma durante a ejaculação. A comunicação da uretra com a bexiga é mantida fechada pelos esfíncteres (anéis musculares) uretrais. Quando a musculatura estriada desses anéis relaxa e a musculatura lisa da parede da bexiga se contrai, ocorre a eliminação da urina.

Água	95,5%
$NaC\ell$	1,0%
Ureia	2,0%
Ácido úrico	0,05%
Outras substâncias	1,45%

Composição química normal da urina humana *– A urina humana normal apresenta cerca de 95% de água e 5% de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas nessa água.*

HORMÔNIOS

Alguns hormônios atuam em nosso organismo regulando a diurese (eliminação da urina) e o volume de líquido corporal. São eles o hormônio antidiurético, a aldosterona e o ANP.

Hormônios que atuam na diurese

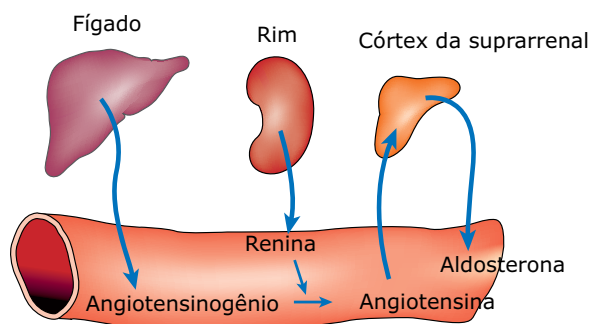
Hormônio antidiurético (ADH)

Conhecido também por vasopressina, esse hormônio é produzido no hipotálamo (região do encéfalo) e armazenado na neuro-hipófise (região posterior da glândula hipófise), de onde é liberado na corrente sanguínea. É no hipotálamo que ficam os centros nervosos osmorreguladores que se sensibilizam quando há um aumento da concentração do plasma sanguíneo. Dessa maneira, haverá o estímulo para que a neuro-hipófise libere o ADH na corrente sanguínea. Através da corrente sanguínea, esse hormônio chega aos rins, onde vai atuar especialmente sobre os túbulos distais e coletores, tornando-os permeáveis à água. Desse modo, haverá intensa reabsorção de água nos túbulos distais e coletores, com consequente eliminação de uma urina hipertônica (mais concentrada), e maior retenção de água no organismo. Por outro lado, se a concentração do plasma sanguíneo diminui (quando há ingestão de grande quantidade de água, por exemplo), os centros osmorreguladores do hipotálamo são inibidos e, assim, não haverá estimulação para que a neuro-hipófise libere o ADH. Na ausência desse hormônio, as paredes dos túbulos distais e coletores ficam menos permeáveis à água e, consequentemente, haverá redução da reabsorção de água nesses segmentos dos túbulos renais. Desse modo, o volume de urina eliminado torna-se maior (aumenta a diurese), bem como a urina eliminada é mais diluída (hipotônica).

O ADH, portanto, torna as paredes dos túbulos distais e coletores mais permeáveis à água e isto, consequentemente, aumenta a reabsorção dessa substância.

Aldosterona

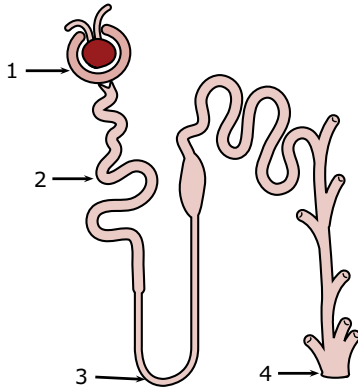
É produzida pelas glândulas suprarrenais (adrenais), localizadas sobre os rins. Sua função é aumentar a reabsorção ativa de Na^+ nos túbulos renais. Essa maior reabsorção de íons traz como consequência uma maior reabsorção passiva de água e, assim, também haverá uma maior retenção de água no organismo.

O estímulo para a liberação desse hormônio tem início quando a pressão sanguínea no interior dos glomérulos cai acentuadamente, comprometendo o processo normal de filtração. Nessa situação, algumas células dos rins passam a produzir e liberar na corrente sanguínea uma substância chamada renina. No sangue, a renina estimula a transformação do angiotensinogênio (uma proteína plasmática produzida pelo fígado) em angiotensina. Esta, por sua vez, irá atuar nas glândulas suprarrenais, estimulando a liberação da aldosterona. Através da corrente sanguínea, a aldosterona chega aos rins, onde irá estimular uma maior reabsorção tubular de Na^+ que, consequentemente, será acompanhada de uma maior reabsorção de água. Com isso, o volume circulatório aumentará e a pressão sanguínea voltará aos níveis normais.

A liberação da aldosterona

Peptídeo natriurético atrial (ANP)

Hormônio produzido pelo coração e liberado em resposta a uma expansão do átrio quando a pressão arterial aumenta em razão do aumento do volume de sangue. Promove a dilatação das arteríolas aferentes, aumentando a taxa de filtração glomerular. Além de inibir a reabsorção de sódio e da água pelos túbulos renais, também inibe a secreção de aldosterona pelas suprarrenais e a liberação de renina. Com isso, há um aumento da eliminação de sódio (natriurese) e água. Age, portanto, de forma antagônica ao sistema renina-angiostensina, promovendo aumento da excreção urinária, redução do volume sanguíneo e redução da pressão arterial, que, então, retorna ao normal.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) Na figura a seguir, está esquematizada a unidade fisiológica do sistema excretor de um mamífero.

As setas 1, 2, 3 e 4 indicam, respectivamente,

A) glomérulo, túbulo renal, tubo coletor e alça de Henle.

B) cápsula de Bowman, túbulo renal, alça de Henle e tubo coletor.

C) alça de Henle, túbulo renal, cápsula de Bowman e tubo coletor.

D) cápsula de Bowman, tubo coletor, alça de Henle e túbulo renal.

E) glomérulo, cápsula de Bowman, tubo coletor e alça de Henle.

02. (UFU-MG) Qual das alternativas a seguir indica **CORRETAMENTE** as concentrações normais de proteínas?

	Plasma sanguíneo	Urina	Filtrado glomerular
A)	Alta	Ausente	Ausente
B)	Alta	Baixa	Ausente
C)	Ausente	Baixa	Alta
D)	Baixa	Alta	Alta
E)	Baixa	Ausente	Ausente

03. (PUC Minas) O filtrado glomerular percorrerá, sequencialmente, no néfron, os seguintes componentes:

A) Cápsula de Bowman – túbulo contorcido proximal – alça de Henle – túbulo contorcido distal.

B) Cápsula de Bowman – túbulo contorcido proximal – alça de Henle – túbulo coletor.

C) Glomérulo – alça de Henle – túbulo contorcido proximal – túbulo coletor.

D) Glomérulo – túbulo coletor – alça de Henle – túbulo contorcido proximal.

E) Túbulo contorcido proximal – cápsula de Bowman – alça de Henle – túbulo contorcido distal.

04. (FCMMG) Entre os exames solicitados pelos médicos aos seus pacientes, está o de urina. O exame de urina inclui pesquisas de elementos normais e anormais. Com conhecimentos básicos da função renal, podemos deduzir, **EXCETO**

A) A urina é rica em ureia, que é um catabólito do metabolismo de proteína e é tóxico para o organismo.

B) A urina é salgada porque a função renal auxilia no equilíbrio ácido-básico do meio interno, eliminando o excesso de sal.

C) O encontro de proteínas na urina é normal, já que o rim elimina o excesso dessas substâncias para controlar o nível proteico do sangue.

D) A pesquisa de glicose deve ser negativa porque os túbulos renais a reabsorvem totalmente após a filtração nos glomérulos.

05. (FCC-SP) O hormônio antidiurético (ADH) regula o teor de água no corpo humano, determinando aumento de reabsorção de água nos túbulos renais. Assim, quando o suprimento de água do corpo for excessivo, espera-se encontrar no sangue

A) pouco ADH, o que reduz a reabsorção de água.

B) pouco ADH, o que aumenta a reabsorção de água.

C) nenhum ADH, o que eleva, ao máximo, a reabsorção de água.

D) muito ADH, o que reduz a reabsorção de água.

E) muito ADH, o que aumenta a reabsorção de água.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFPE) No homem, aproximadamente 99% da água do filtrado glomerular são reabsorvidos, principalmente ao nível do(a)

A) cápsula de Bowman.

B) ureter.

C) glomérulo de Malpighi.

D) túbulo contornado proximal.

E) bexiga.

02. (PUC Minas) Imagine um náufrago, em alto mar, sem ingerir uma gota de água, há várias horas. Diante disso, é possível concluir todas as situações a seguir, **EXCETO**

A) A urina torna-se mais concentrada.

B) Diminui a pressão osmótica do sangue.

C) Há aumento da reabsorção tubular de água.

D) Há aumento da taxa do hormônio ADH (antidiurético).

E) Há menor quantidade de água nos túbulos coletores.

03. (FMU/FIAM-SP) Com relação ao filtrado renal que se forma na cápsula de Bowman, é **CORRETO** afirmar que

A) a quantidade do filtrado é diminuída pela contração das arteríolas eferentes.

B) a quantidade do filtrado é aumentada quando a pressão arterial diminui.

C) dentro da cápsula, o líquido filtrado tem a mesma concentração de substâncias que o plasma, sendo, porém, desprovido de proteínas.

D) o trabalho de filtração é realizado pelas células da cápsula de Bowman.

E) a maior parte do líquido filtrado atravessa intacta os túbulos renais.

04. (PUC-SP) Em decorrência da baixa ingestão de água pelo organismo, pode-se prever que

A) diminua a pressão osmótica do sangue.

B) os túbulos renais fiquem mais permeáveis à água.

C) diminua a taxa de hormônio antidiurético liberado na circulação.

D) aumente a secreção de aldosterona e diminua a de hormônio antidiurético.

E) a urina se torne muito diluída.

05. (PUC Rio) A água do mar contém, aproximadamente, três vezes mais sais que o nosso sangue. Nossos rins podem excretar uma solução salina de concentração intermediária entre a da água do mar e de nosso sangue. A ingestão de água do mar por um náufrago acarreta, entre outras coisas,

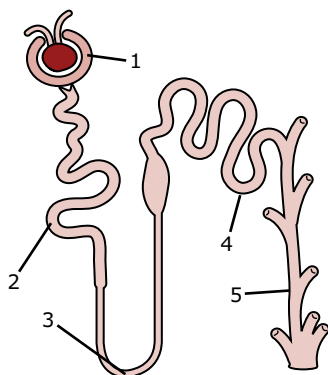
A) apenas desidratação dos tecidos.

B) apenas diminuição do volume sanguíneo.

C) apenas aumento do volume sanguíneo.

D) desidratação dos tecidos e diminuição do volume sanguíneo.

E) desidratação dos tecidos e aumento do volume sanguíneo.

06. (PUC Minas) Observe a figura a seguir, relativa ao esquema de um néfron:

A ingestão de bebidas alcoólicas provoca redução de ADH, o hormônio antidiurético, armazenado na neuro-hipófise, que irá alterar a permeabilidade dos componentes

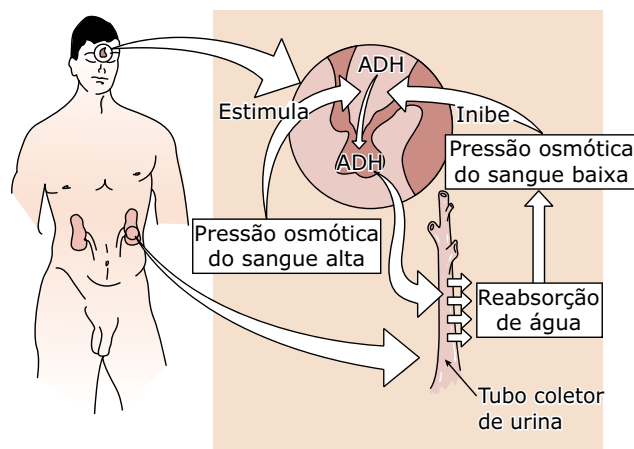
A) 1 e 5.

B) 2 e 4.

C) 3 e 1.

D) 4 e 5.

E) 5 e 2.

07. (FCMMG)

Com relação ao mecanismo de ação do hormônio antidiurético (ADH), destacado anteriormente, podemos afirmar, **EXCETO**

A) Reduz a eliminação de água pelo rim.

B) É produzido pelo hipotálamo e liberado pela neuro-hipófise.

C) Maiores quantidades de ADH tornam a urina mais concentrada.

D) Aumenta a permeabilidade das células dos túbulos renais à água.

E) Sua produção é diretamente proporcional à quantidade de água no sangue.

08. (UFPE) Há uma relação direta entre a eliminação de urina e o volume de líquidos corporais, tanto intersticiais quanto do próprio plasma. Quando a concentração do sangue circulante aumenta, como em caso de grande perda de água, é **CORRETO** afirmar que

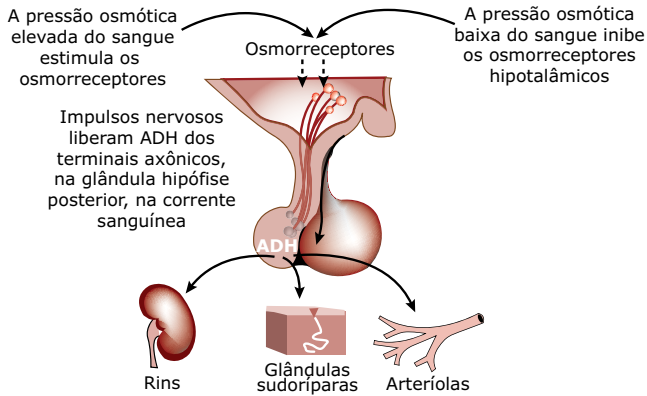
A) a urina torna-se mais diluída.

B) há aumento da produção do hormônio secretina.

C) a hipófise não libera o hormônio antidiurético (ADH).

D) as células dos túbulos renais ficam menos permeáveis à agua.

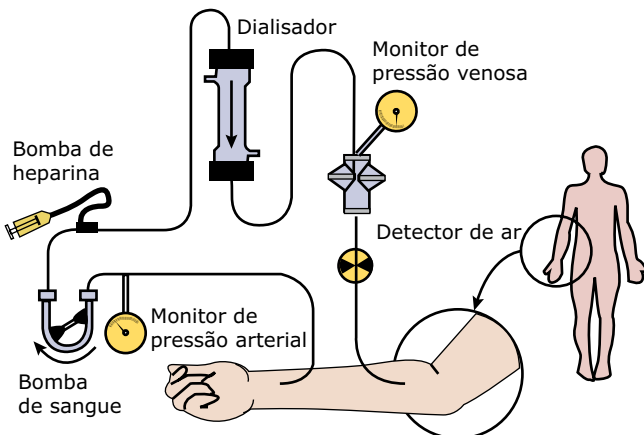
E) há maior reabsorção de água do filtrado glomerular.

09. (PUC Minas) Interpretando a figura a seguir, que representa a regulação da secreção e ações do hormônio antidiurético (ADH), assinale a afirmativa **INCORRETA**.

A) A liberação de ADH no sangue estimula os rins a reterem mais água, diminuindo o volume urinário.

B) A pressão osmótica elevada estimula a liberação de ADH e reduz a perda de água por transpiração.

C) As arteríolas sofrem vasoconstrição, elevando a pressão arterial em resposta à liberação de ADH.

D) Com a ingestão e absorção de grande quantidade de água, a pressão osmótica do plasma sanguíneo irá aumentar, inibindo a secreção de ADH.

10. (UFMG–2007) Observe este esquema, em que está representado um procedimento clínico:

É **INCORRETO** afirmar que esse procedimento possibilita a

A) redução de ureia presente no sangue periférico.

B) remoção de água do plasma sanguíneo.

C) retirada de proteínas do sangue periférico.

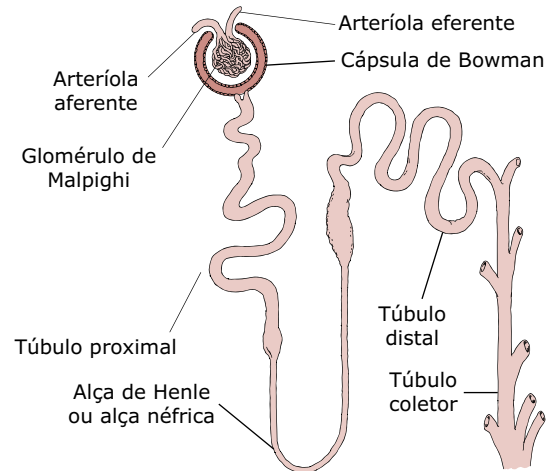
D) simulação de funcionamento do néfron.

11. (Unicamp-SP) O controle do volume de líquido circulante em mamíferos é feito através dos rins, que ou eliminam o excesso de água ou reduzem a quantidade de urina produzida quando há deficiência de água. Além disso, os rins são responsáveis também pela excreção de vários metabólitos e íons.

A) Qual é o hormônio responsável pelo controle do volume hídrico do organismo? Onde ele é produzido?

B) Qual é o mecanismo de ação desse hormônio?

C) Qual é o principal metabólito excretado pelos rins? De que substâncias esse metabólito origina?

12. (PUC Rio–2010) No esquema a seguir, podem ser observadas as partes componentes de um néfron humano.

Assinale a **ÚNICA** opção que indica o trecho do néfron com o evento fisiológico a ele relacionado.

A) Cápsula de Bowman – filtração glomerular do sangue.

B) Túbulo proximal – absorção de macromoléculas do sangue.

C) Alça de Henle – formação do filtrado renal final desmineralizado.

D) Túbulo distal – reabsorção de moléculas de proteínas para o sangue.

E) Túbulo coletor – reabsorção de hemácias para o sangue.

13. (UECE–2010) Os condutos que levam a urina dos rins para a bexiga urinária são denominados

A) canais aferentes.

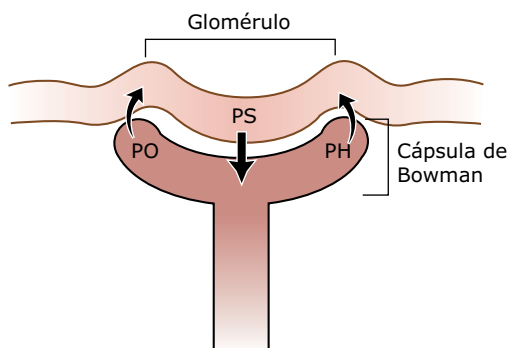
B) canais deferentes.

C) uretra.

D) ureteres.

BIOLOGIA

SEÇÃO ENEM

01. A filtração glomerular (FG), responsável pela passagem de água e outras substâncias do interior dos glomérulos renais para o interior da cápsula de Bowman, é o resultado de uma interação de forças: PS, PO e PH. PS é a pressão do sangue no interior do glomérulo; PO é a pressão osmótica das proteínas do plasma sanguíneo; PH é a pressão hidrostática do fluido que já se encontra na cápsula de Bowman. A pressão do sangue (PS) no interior do glomérulo é o principal fator que força a saída da água e outras substâncias do interior do glomérulo para o interior da cápsula de Bowman. A pressão osmótica (PO), exercida pelas proteínas presentes apenas no sangue, e não no filtrado glomerular, assim como a pressão hidrostática (PH) exercida pelo fluido que já se encontra na cápsula de Bowman, são duas forças que se antepõem à PS, conforme mostra o esquema a seguir:

Com base nos dados anteriores, a relação existente entre a filtração glomerular (FG) e as forças PS, PO e PH é:

A) FG = PS – (PO + PH)
B) PS = FG – (PO + PH)
C) PH = FG – (PS + PO)
D) PO + PH = FG + PS
E) FG + PS = PO – PH

02. Nossos rins têm o importante papel de retirar do sangue muitos resíduos tóxicos do metabolismo, bem como substâncias que se encontram em excesso na circulação. O produto final dessa atividade renal é a urina. Assim, ao produzir a urina, nossos rins reduzem a concentração de resíduos tóxicos na circulação, bem como contribuem para a manutenção do equilíbrio interno (homeostase).

Durante a formação da urina, estão envolvidas diferentes etapas: filtração glomerular (FG), reabsorção tubular (RT) e secreção tubular (ST).

A relação entre a urina eliminada pelo organismo e as etapas mencionadas anteriormente é

A) Urina = FG + ST – RT
B) Urina = FG – ST + RT
C) Urina = ST – FG + RT
D) Urina = ST + FG + RT
E) Urina = RT + ST – FG

GABARITO

Fixação

01. B
02. A
03. A
04. C
05. A

Propostos

01. D
02. B
03. C
04. B
05. E
06. D
07. E
08. E
09. D
10. C
11. A) É o hormônio antidiurético (ADH), também conhecido por vasopressina, produzido pelo hipotálamo e armazenado na neuro-hipófise.
    B) Esse hormônio atua aumentando a permeabilidade das paredes dos túbulos distais e tubos coletores à água, permitindo, assim, maior reabsorção de água e, consequentemente, maior retenção de água no organismo.
    C) É a ureia, originada do metabolismo das proteínas.
12. A
13. D

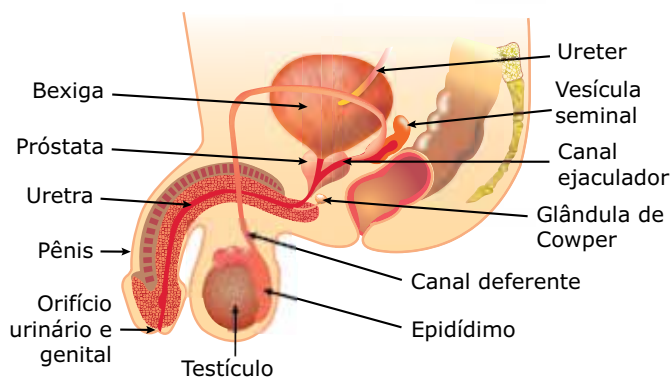
Seção Enem

01. A
02. A

BIOLOGIA

Sistema reprodutor

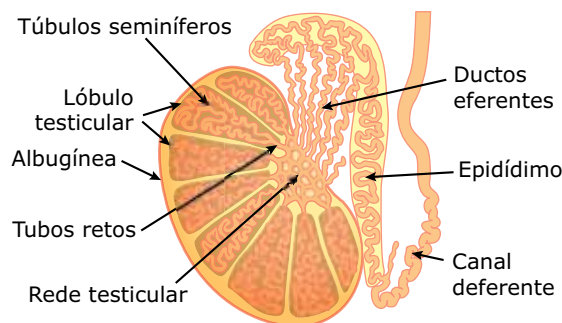
SISTEMA GENITAL MASCULINO

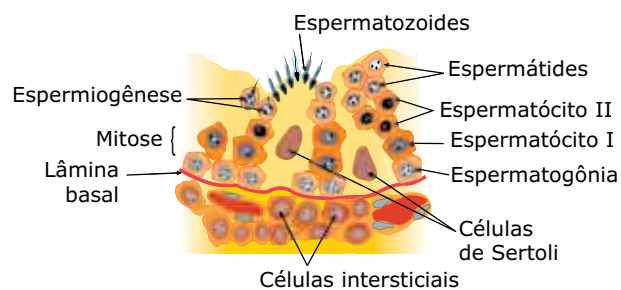
Compõe-se dos seguintes órgãos: testículos, epidídimos, canais deferentes, canais ejaculadores, vesículas seminais, próstata, glândulas de Cowper, uretra e pênis.

Sistema genital masculino *(em corte lateral)*

Testículos

Em número de 2, os testículos são as gônadas (glândulas sexuais) masculinas. Possuem uma morfologia ovoide e localizam-se no interior da bolsa escrotal (saco escrotal, escroto).

Durante o desenvolvimento embrionário do indivíduo, os testículos se formam e se desenvolvem no interior da cavidade abdominal. Antes do nascimento, descem e se alojam no interior da bolsa escrotal. Algumas vezes, um ou mesmo os dois testículos podem permanecer retidos na cavidade abdominal. Essa retenção é conhecida por criptorquidia ("testículo escondido"). A criptorquidia compromete a espermatogênese (processo de formação dos espermatozoides), uma vez que a produção dos gametas masculinos exige condições de temperatura um pouco abaixo de 37 °C. No interior da bolsa escrotal, a temperatura é de alguns graus abaixo da temperatura da cavidade abdominal, oscilando, geralmente, entre 33 e 35 °C, que é mais favorável para a espermatogênese. Assim, a retenção dos testículos na cavidade abdominal, onde a temperatura normal é de 37 °C, pode tornar o indivíduo estéril.

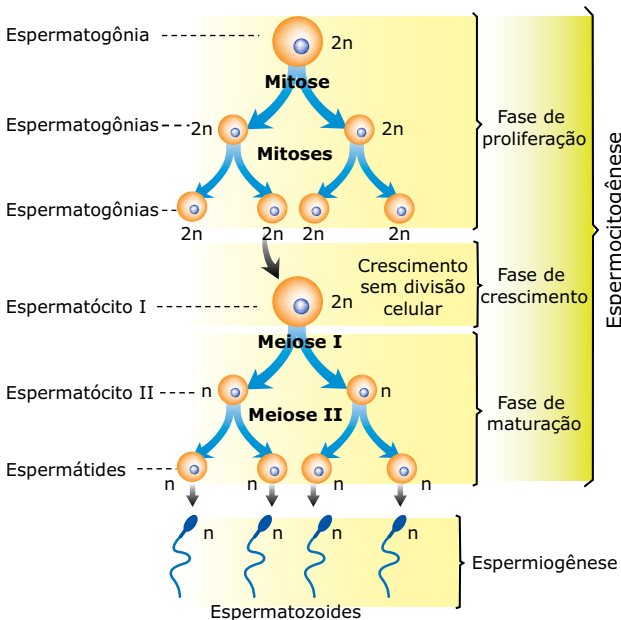
O tratamento usado na criptorquidia para induzir a descida dos testículos para a bolsa escrotal pode ser feito com administração de determinados hormônios. Se o tratamento hormonal não dá resultado, recorre-se à cirurgia.

Morfologia interna do testículo *– Cada testículo é envolvido por uma cápsula espessa e resistente, constituída por tecido conjuntivo denso, denominada cápsula testicular (albugínea, túnica albugínea). Internamente, o testículo é dividido em compartimentos piramidais chamados de lóbulos testiculares. No interior de cada lóbulo, há de um a quatro túbulos contorcidos, denominados túbulos seminíferos.*

Os túbulos seminíferos terminam em fundo cego, medem cerca de 0,2 mm de diâmetro e de 30 a 70 cm de comprimento. No interior desses túbulos, encontramos as células germinativas primordiais (espermatogônias) e as células nutrientes de Sertoli (epiteliócitos sustentadores). Veja a figura a seguir:

A região superior mostra um corte de um túbulo seminífero, onde se veem as células da linhagem da espermatogênese e as células de Sertoli. A região abaixo da lâmina basal mostra o tecido intersticial do testículo com vasos sanguíneos, fibroblastos e células intersticiais.

As células germinativas primordiais (espermatogônias) darão origem aos espermatozoides, enquanto as células de Sertoli têm por função nutrir as células que se formam durante o processo da espermatogênese.

Preenchendo os espaços existentes entre os túbulos seminíferos, encontramos tecido conjuntivo propriamente dito, nervos, vasos sanguíneos e linfáticos. Nesses espaços, a partir da puberdade, aparece mais um tipo celular: as células intersticiais de Leydig, responsáveis pela produção de testosterona (hormônio sexual masculino).

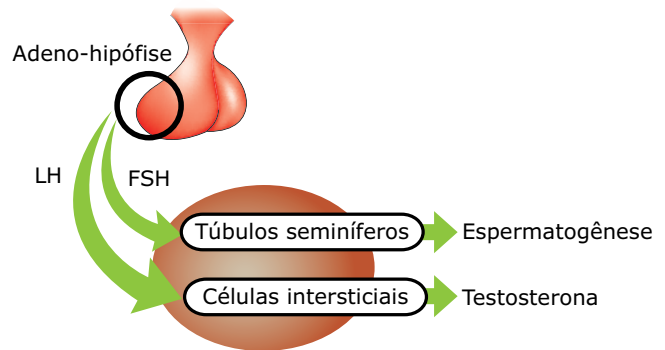
Os testículos desempenham duas funções: gametogênica e hormonal (endócrina).

A) Função gametogênica dos testículos – Trata-se da gametogênese masculina, também chamada de espermatogênese (formação dos espermatozoides). É realizada no interior dos túbulos seminíferos a partir das células germinativas masculinas (espermatogônias).

Espermatogênese *– Pode ser subdividida em espermocitogênese e espermiogênese. A espermocitogênese, por sua vez, é subdividida em três fases: fase de proliferação, fase de crescimento e fase de maturação. Nela, ocorrem divisões celulares (mitose e meiose) e aumento do volume celular (crescimento). Na fase de proliferação (fase proliferativa, fase de multiplicação, fase germinativa), as espermatogônias sofrem mitoses sucessivas, formando novas espermatogônias. Quando param de se dividir, essas células aumentam de volume e passam a ser chamadas de espermatócitos I (citos I, espermatócitos de 1ª ordem, espermatócitos primários). A etapa em que se dá o aumento do volume celular constitui a fase de crescimento. Na fase de maturação, os espermatócitos I sofrem meiose. Ao término da primeira divisão meiótica (meiose I), surgem os espermatócitos II (citos II, espermatócitos de 2ª ordem, espermatócitos secundários), que, ao sofrerem a segunda divisão da meiose (meiose II), dão origem às espermátides. Na espermiogênese, as espermátides passam por um processo de diferenciação celular e se transformam em espermatozoides (gametas masculinos). Cada espermátide origina um espermatozoide.*

Na espermiogênese (transformação das espermátides em espermatozoides), o citoplasma é eliminado em grande parte. Com isso, a célula fica menor e mais leve, o que facilitará a sua locomoção, realizada pelo flagelo (originário de um dos centríolos). A energia para a movimentação desse flagelo vem de numerosas mitocôndrias que se dispõem ao redor de sua base. A partir do complexo de Golgi, forma-se o acrossomo(a), vesícula que contém a enzima hialuronidase, necessária para penetração do espermatozoide no gameta feminino por ocasião da fecundação.

Durante a espermiogênese, pode haver formação de espermatozoides anômalos (sem flagelos, sem acrossomos, etc.). Esses espermatozoides não são férteis. Considera-se dentro dos limites da normalidade a ocorrência de até 15% de espermatozoides anômalos. Percentuais maiores podem afetar a fertilidade masculina. Fatores como desnutrição, álcool e outras drogas também podem comprometer a espermatogênese normal.

A espermatogênese é um processo relativamente lento e sua duração varia com a espécie. Na espécie humana, a partir das espermatogônias que param de se dividir e crescem, transformando-se em espermatócitos I, a formação dos espermatozoides dura cerca de 64 dias.

B) Função endócrina (hormonal) dos testículos – É realizada pelas células intersticiais de Leydig. Essas células produzem testosterona, hormônio sexual masculino, responsável pelas características sexuais secundárias masculinas (aparecimento de barba, desenvolvimento dos pelos em várias regiões do corpo, mudança na tonalidade de voz, desenvolvimento dos órgãos sexuais, etc.).

Controle das funções dos testículos *– As duas funções (gametogênica e endócrina) dos testículos estão sob o controle da glândula hipófise. Esse controle é feito pelos hormônios gonadotróficos, FSH e LH, produzidos e liberados pela adeno-hipófise.*

Os túbulos seminíferos na região posterior do testículo assumem uma trajetória mais retilínea e passam a ser chamados de túbulos retos, que, por sua vez, se reúnem em uma rede de túbulos, a rede testicular, de onde partem de oito a quinze ductos eferentes que penetram na porção cefálica (cabeça) do epidídimo.

Epidídimos

Órgãos em forma de "C" que recobrem parte da superfície dos testículos. Cada epidídimo é constituído por um tubo único, longo (4 a 6 metros), intensamente enovelado sobre si mesmo, denominado canal ou ducto epididimário. A função do epidídimo é armazenar os espermatozoides provenientes do testículo. Os gametas masculinos completam a sua maturação nos epidídimos e aí ficam armazenados até o momento de serem liberados através da ejaculação.

Canais deferentes

São canais que comunicam os epidídimos com a uretra no interior da próstata. As porções intraprostáticas dos canais deferentes desembocam na uretra e recebem o nome de ductos ou canais ejaculadores (ejaculatórios). Um pouco antes de penetrar na próstata, o canal deferente dilata-se, formando uma região conhecida por ampola, onde também podem ficar armazenados alguns espermatozoides. Antes de penetrarem na próstata, os canais deferentes recebem os ductos provenientes das vesículas seminais.

Vesículas seminais

Glândulas produtoras do líquido seminal, secreção rica em proteínas, vitamina C e frutose que tem função nutritiva para os espermatozoides. A frutose, presente em grande quantidade nessa secreção, é a principal fonte de energia para a movimentação dos flagelos dos espermatozoides.

Próstata

Glândula localizada abaixo da bexiga, responsável pela produção do líquido prostático, secreção de aspecto leitoso, rica em substâncias alcalinas e que tem como função neutralizar temporariamente a acidez das secreções vaginais, permitindo, assim, uma maior viabilidade dos espermatozoides nas vias genitais femininas.

Glândulas de Cowper

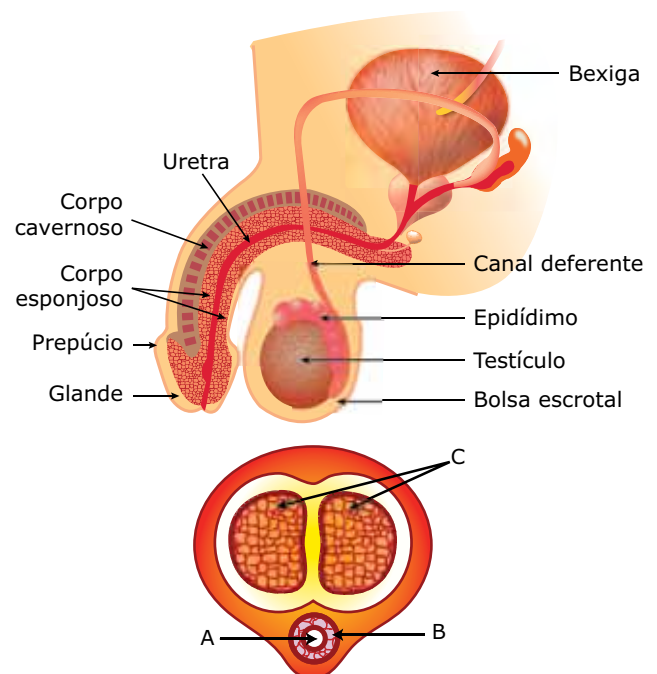
Também conhecidas como glândulas bulbouretrais, são estruturas do tamanho de um grão de ervilha, localizadas abaixo da próstata. Produzem uma secreção de aspecto mucoso, viscosa, que facilita a relação sexual, devido ao caráter lubrificante que apresenta. Por reflexo nervoso, essa secreção é eliminada durante o estímulo sexual antes mesmo de se iniciar o coito, lubrificando o pênis.

Uretra

Canal que comunica a bexiga com o meio externo. Em sua trajetória, passa pelo interior da próstata e do pênis. Trata-se, portanto, de um órgão pertencente aos sistemas urinário (excretor) e reprodutor.

Pênis

É o órgão copulador masculino. Contém grande parte da uretra e os corpos cavernosos.

A uretra abre-se no meio externo através de um orifício, o meato ou óstio externo da uretra, situado na glande (parte mais volumosa e anterior do pênis, também conhecida por cabeça do pênis). A glande está recoberta, em extensão variável, por uma dupla camada de pele retrátil, o prepúcio. A fimose é uma condição em que ocorre um estreitamento em graus variáveis do prepúcio. Quando esse estreitamento é acentuado, a glande fica permanentemente recoberta, o que dificulta os cuidados higiênicos e pode causar desconforto durante as relações sexuais. Nesse caso, a correção é facilmente feita através de intervenção cirúrgica com anestesia local.

Pênis em corte sagital e transversal *– **A.** uretra; **B.** corpo esponjoso da uretra; **C.** corpos cavernosos.*

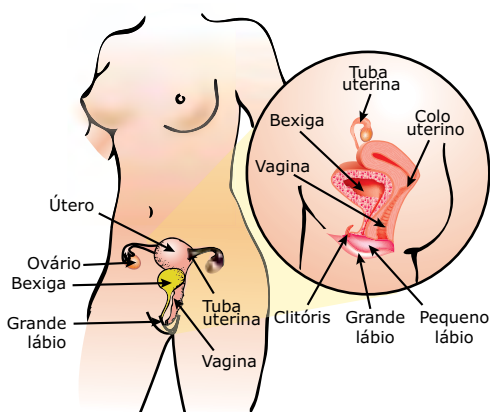
No interior do pênis, encontramos uma porção da uretra, circundada por uma estrutura esponjosa, o corpo esponjoso da uretra. Paralelamente a esse corpo, dispõem-se os corpos cavernosos do pênis, também de natureza esponjosa e erétil. Por estímulos provenientes do sistema nervoso autônomo, os vasos sanguíneos que irrigam esses corpos intensificam o fluxo de sangue nessas estruturas, aumentando-as em volume e tornado-as rijas, ocasionando, assim, a ereção do pênis.

A estimulação do pênis durante o ato sexual dá origem a reflexos que fazem contrair a camada de músculo liso dos canais deferentes, lançando os espermatozoides no interior da uretra. Em seguida, a uretra se contrai e, ao mesmo tempo, as vesículas seminais e a próstata também se contraem, lançando suas secreções na uretra. Essa série de contrações resulta na ejaculação.

A ejaculação consiste na eliminação do sêmen ou esperma, constituído por espermatozoides, secreções das vesículas seminais, secreção da próstata e secreções das glândulas bulbouretrais. O volume de sêmen eliminado em cada ejaculação é em torno de 3 a 5 mL. Cada mL de sêmen, por sua vez, possui, em média, cerca de 100 milhões de espermatozoides. Assim, cada ejaculação libera de 300 a 500 milhões de gametas masculinos.

A ejaculação é acompanhada por sensações agradáveis e contrações espasmódicas de músculos; o conjunto dessas manifestações recebe o nome de orgasmo. A ejaculação, portanto, é apenas parte do orgasmo masculino.

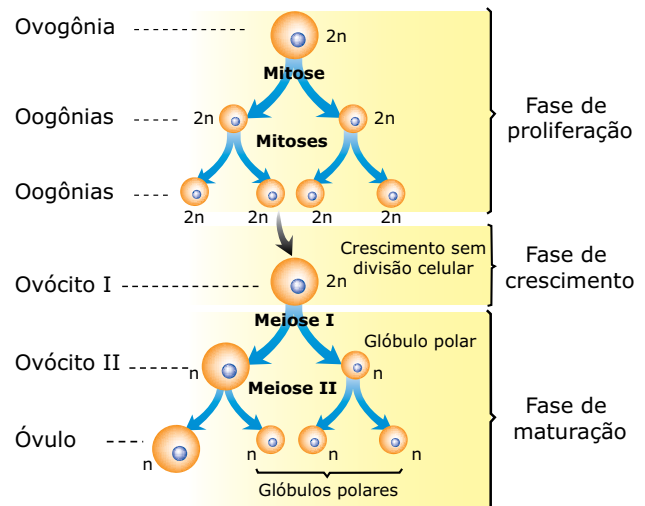
SISTEMA GENITAL FEMININO

Compõe-se dos seguintes órgãos: ovários, tubas uterinas (trompas de Falópio), útero, vagina e vulva (genitália externa).

Ovários

Em número de 2, são as gônadas (glândulas sexuais) femininas. Têm forma de amêndoa, medindo até 5 cm em seu maior diâmetro. Localizam-se na parte inferior da cavidade abdominal, um de cada lado do útero.

No interior dos ovários, existem milhares de vesículas denominadas folículos ovarianos. As células que formam as paredes dessas vesículas são chamadas de células foliculares. No interior de cada folículo, há uma célula, o ovócito, que é precursora do gameta feminino. O número total de folículos nos dois ovários da criança recém-nascida é estimado em 400 000. Destes, a maioria sofrerá processo degenerativo (atresia folicular), desaparecendo, enquanto outros se desenvolvem, sofrendo um processo de maturação.

Os ovários desempenham duas funções: gametogênica e endócrina (hormonal).

A) Função gametogênica dos ovários – Ocorre no interior dos folículos ovarianos e corresponde à gametogênese feminina, processo conhecido por ovogênese (oogênese, ovulogênese), subdividido em três fases ou etapas: fase de proliferação, fase de crescimento e fase de maturação.

Ovogênese *– Na fase de proliferação (fase proliferativa, fase de multiplicação, fase germinativa), as células germinativas primordiais, também chamadas de ovogônias ou oogônias, sofrem sucessivas divisões mitóticas. Quando param de se dividir, as ovogônias aumentam de volume e passam a ser chamadas de ovócitos I (ovócitos primários, ovócitos de 1ª ordem). Esse período de tempo em que as ovogônias crescem e dão origem aos ovócitos I constitui a fase de crescimento da ovogênese. Na fase de maturação, os ovócitos I sofrem meiose. Ao término da divisão I da meiose, cada ovócito I dá origem a duas células haploides: uma maior, denominada ovócito II, e outra menor, conhecida por 1º glóbulo polar (1º corpúsculo polar, 1º polócito). O ovócito II, sofrendo a divisão II da meiose, dá origem a uma célula maior, o óvulo, e a uma célula menor, o 2º glóbulo polar (2º corpúsculo polar, 2º polócito). Já o 1º glóbulo polar, caso realize a divisão II da meiose, origina o 3º e o 4º glóbulos polares.*

Ao contrário da gametogênese masculina (espermatogênese), que ocorre totalmente após o nascimento, a partir da puberdade, a gametogênese feminina (ovogênese) tem início já na vida intrauterina.

A fase de proliferação da ovogênese humana ocorre por volta do 4º mês de desenvolvimento. Por essa ocasião, nos ovários do feto, as ovogônias multiplicam-se por mitoses sucessivas. Esse período de multiplicação termina por volta do quinto mês de gestação, quando se inicia a fase de crescimento que dura até o 7º ou o 8º mês, com o aparecimento dos ovócitos I. Ainda na vida intrauterina, por volta do oitavo mês, tem início a fase de maturação, em que todos os ovócitos I começam a divisão I da meiose.

Entretanto, com o nascimento, essa divisão é interrompida no período diplóteno da prófase I. Assim, ao nascer, a menina tem, no interior de seus folículos ovarianos, ovócitos I com a meiose interrompida na prófase I. Essa interrupção da ovogênese permanecerá até a puberdade, quando, a cada mês, por estímulos hormonais, geralmente um ovócito I reiniciará a meiose, completando a divisão I e dando origem ao ovócito II e ao 1º glóbulo polar.

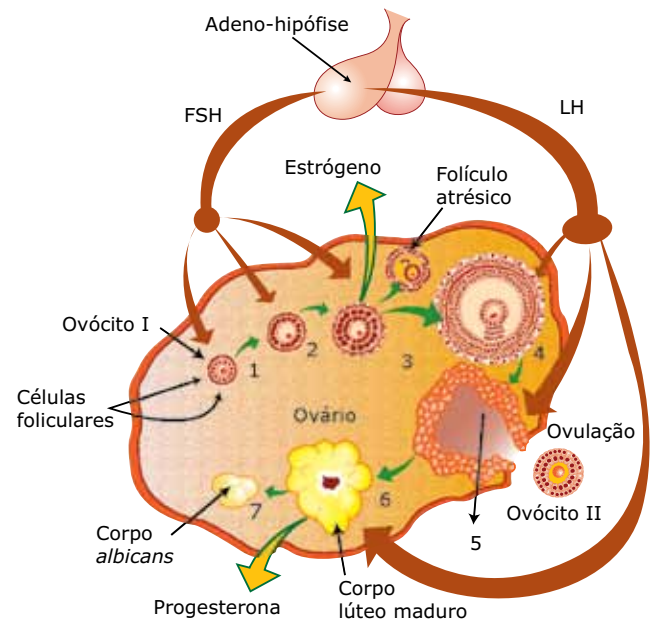
Através da ovulação, essas células são liberadas do ovário e penetram na tuba uterina. Após a sua saída do ovário, o ovócito II, agora no interior da tuba uterina, inicia a divisão II da meiose, sendo viável por cerca de 24 horas. Se nesse intervalo de tempo o mesmo não for penetrado por um espermatozoide, ele entra em degeneração por autólise. Por outro lado, se for penetrado por um espermatozoide, o ovócito II completa a divisão II da meiose, dando origem ao óvulo e ao 2º glóbulo polar. Nesse caso, ocorre a anfimixia ou cariogamia, isto é, o núcleo do espermatozoide junta-se ao núcleo do óvulo, e a célula, agora com um núcleo 2n, passa a ser chamada de célula-ovo ou zigoto. Caso o 1º glóbulo polar realize a divisão II da meiose, originará o 3º e o 4º glóbulos polares. Os glóbulos polares são células que sofrem degeneração. Assim, temos mais uma diferença entre a gametogênese masculina e a feminina. Enquanto na espermatogênese formam-se 4 gametas por espermatócito I, na ovogênese, temos a formação de apenas um gameta para cada ovócito I.

Conforme vimos, durante a ovogênese, os ovócitos I passam por um período de interrupção da meiose. Essa interrupção recebe o nome de período dictióteno. Assim, por exemplo, se uma mulher ficar grávida aos 20 anos de idade, o ovócito I, que deu origem ao óvulo que foi fecundado, teve um período dictióteno de cerca de 20 anos; se uma mulher teve o seu último ciclo ovulatório ou última ovulação aos 50 anos de idade, o seu último ovócito I terá tido um período dictióteno de cerca de 50 anos. Acredita-se que, quanto mais longo for o período dictióteno, maior é a probabilidade de não ocorrer a separação ou disjunção correta dos cromossomos, quando a meiose for reiniciada. Isso poderia explicar a maior frequência de anomalias cromossômicas (síndrome de Down, por exemplo) em recém-nascidos de mulheres com mais de 40 anos de idade.

B) Função endócrina (hormonal) – É a produção dos hormônios sexuais femininos, estrógeno e progesterona.

O estrógeno (estrogênio, estradiol), produzido pelas células foliculares, além de ser responsável pelas características sexuais secundárias femininas (desenvolvimento de pelos na região pubiana, desenvolvimento das mamas, desenvolvimento dos órgãos sexuais, etc.), também participa do controle do ciclo menstrual, estimulando a reconstituição do endométrio (revestimento interno do útero) após a menstruação.

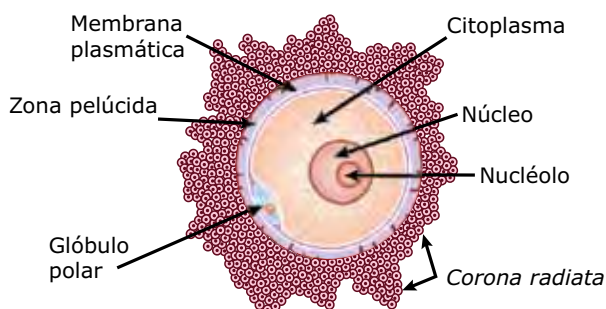
A progesterona é produzida pelo corpo lúteo (corpo amarelo), que é o folículo ovariano após a saída do ovócito II, isto é, após a ovulação. Também participa do controle do ciclo menstrual e atua no endométrio, preparando-o para receber um possível embrião, caso tenha ocorrido a fecundação.

O controle das atividades ou funções dos ovários é feito pelos hormônios gonadotróficos, FSH e LH, produzidos e liberados pela adeno-hipófise. Vejamos, resumidamente, como é feito esse controle que se encontra esquematizado na figura a seguir:

__1.__ Folículo ovariano primário; __2__ e __3.__ Folículo ovariano em desenvolvimento; __4.__ Folículo ovariano maduro (Folículo de Graaf); __5.__ Ovulação; __6.__ Corpo lúteo (corpo amarelo); __7.__ Corpo albicans *(corpo branco).*

Conforme vimos, ao nascer, a mulher já possui em seus ovários os folículos ovarianos, cada um contendo um ovócito I com a meiose interrompida na prófase I. Esses folículos são chamados de folículos ovarianos primários. A partir da puberdade (por volta dos 12 anos de idade), a hipófise começa a produzir e liberar o FSH, que, então, vai atuar em um folículo ovariano primário, estimulando o seu desenvolvimento. Durante o desenvolvimento desse folículo, que dura em média 14 dias, ocorre aumento de volume e multiplicação das células foliculares, que, sob estímulo do FSH, passam a produzir o estrógeno. Ainda sob estímulo do FSH, o ovócito I, contido no interior do folículo ovariano, reinicia a meiose, completando a divisão I. Durante esse desenvolvimento, o ovócito I também aumenta de volume e em sua volta surge uma camada protetora de glicoproteínas, denominada zona pelúcida. A origem dessa zona pelúcida é discutida. Ela seria formada pelo ovócito, ou pelas células foliculares, ou por ambos.

Com o término da divisão I da meiose, surgem no interior do folículo o ovócito II e o 1º glóbulo polar. Esse folículo, agora contendo o ovócito II, é denominado folículo ovariano maduro (folículo ovariano secundário, folículo de Graaf).

Como foi abordado, durante o desenvolvimento do folículo ovariano, também ocorre a síntese de estrógeno. Assim, com o decorrer dos dias em que esse desenvolvimento se processa, a taxa desse hormônio vai aumentando na circulação da mulher. Ao atingir taxas elevadas no organismo feminino, o estrógeno reduz a liberação do FSH pela hipófise e estimula uma maior liberação do LH.

O LH atuará completando a maturação do folículo ovariano e, em seguida, promove a sua ruptura, o que permitirá, então, a liberação do ovócito II. A esse fenômeno dá-se o nome de ovulação. O LH, portanto, é o hormônio que promove a ovulação. Veja que, na espécie humana, quando ocorre a ovulação, há liberação do ovócito II, e não do óvulo.

Ovócito II – *O ovócito II, revestido pela membrana plasmática e pela zona pelúcida, é liberado junto com o 1º glóbulo polar e com algumas células foliculares que se dispõem ao seu redor, formando a* corona radiata*. É aí que existe o ácido hialurônico, substância que, à maneira de uma cola, mantém a união entre as células da* corona radiata.

Após a ovulação, as células do folículo de Graaf que permaneceram no ovário passam a produzir luteína (um pigmento amarelo de natureza lipídica), transformando-se, assim, no chamado corpo lúteo ou corpo amarelo. Não ocorrendo fecundação e, consequentemente, a gravidez, o corpo lúteo é dito corpo lúteo menstrual. Havendo fecundação e, consequentemente, gravidez, ele é dito corpo lúteo gravídico. Podemos dizer que o corpo lúteo é o que restou do folículo de Graaf após a liberação do ovócito II. Sob estímulo do LH, as células do corpo lúteo passam a produzir progesterona e também pequena quantidade de estrógeno.

A progesterona age no útero, mantendo a integridade do endométrio, preparando-o para receber o ovo, caso o ovócito II liberado tenha sido fecundado. Entretanto, cerca de 6 a 7 dias após a ovulação, a taxa de progesterona está alta no organismo feminino e isso inibe a hipófise de continuar a liberar o LH. Deixando de receber o LH, o corpo amarelo começa a sofrer degeneração e, à medida que suas células vão morrendo, diminui a produção de progesterona e estrógeno. Vejamos, então, o que acontece no ovário e no útero, considerando as duas possibilidades que podem ocorrer com o ovócito II após a ovulação, isto é, ou ele não é penetrado por um espermatozoide ou ele é penetrado por um espermatozoide.

- **Não há a penetração do espermatozoide no ovócito II** – Cerca de 6 a 7 dias após a ovulação, a elevação da taxa de progeterona inibe a hipófise de continuar a liberar o LH. O corpo lúteo, deixando de receber esse hormônio, entra em processo de degeneração e morre. As células do corpo lúteo menstrual sofrem degeneração por autólise, sendo os seus restos celulares fagocitados por macrófagos. Assim, cerca de 14 dias após a ovulação, as células do corpo amarelo já estarão todas degeneradas, restando na superfície do ovário uma cicatriz, denominada corpo *albicans* (corpo branco). Evidentemente, por essa ocasião, a taxa de progesterona e a de estrógeno no organismo feminino estarão baixas. A baixa taxa de progesterona promove a descamação do endométrio, com consequente hemorragia chamada menstruação, enquanto a baixa taxa de estrógeno estimula a hipófise a voltar a liberar o FSH, que, então, atuará em um outro folículo ovariano primário, estimulando o seu desenvolvimento, recomeçando tudo de novo.

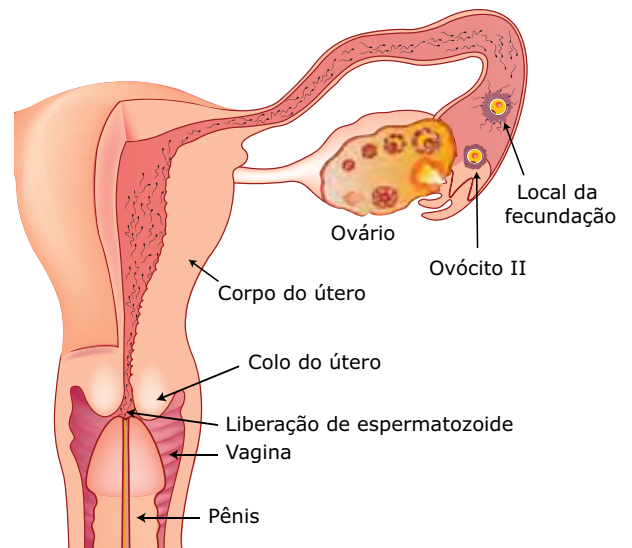
- **Ocorre a penetração do espermatozoide no ovócito II** – Nesse caso, haverá a formação da célula-ovo, que, então, começará a ser levada através da tuba uterina para o útero. Cerca de 4 a 5 dias depois, ocorre a nidação, isto é, a implantação do embrião no endométrio. Logo após a nidação, tem início a formação da placenta, com o aparecimento das vilosidades coriônicas. Essas vilosidades produzem um hormônio, conhecido por HCG, (gonadotrofina coriônica) que irá atuar no ovário, impedindo a degeneração do corpo lúteo. Assim, o HCG "substitui" fisiologicamente o LH, mantendo o corpo lúteo íntegro e, consequentemente, mantendo a produção de progesterona, o que impede a descamação do endométrio e a ocorrência da menstruação. Esse corpo lúteo é dito corpo lúteo gravídico. O corpo lúteo gravídico é maior e seu diâmetro atinge cerca de 5 cm. Permanece com essa dimensão até o 4º, 5º ou 6º mês da gravidez, quando começa a sofrer uma regressão por autólise, mas não desaparece totalmente, permanecendo no ovário, secretando progesterona, até o fim da gestação. Seu desaparecimento total ocorre após o parto.

O corpo lúteo gravídico também secreta relaxina, hormônio polipeptídico que amolece o tecido conjuntivo da sínfise pubiana, das outras articulações pélvicas e do colo uterino, facilitando o parto. O primeiro indício da gravidez, portanto, é a suspensão da menstruação. A gonadotrofina coriônica (HCG) começa a ser detectada no sangue e na urina da mulher cerca de uma semana após ter ocorrido a nidação. Esse fato constitui-se, portanto, num teste clínico de gravidez.

O HCG é produzido, aproximadamente, até o quarto mês do período de gestação, quando, então, para de ser fabricado. Com a paralisação da produção do HCG, o corpo lúteo entra em degeneração e, assim, a taxa de progesterona deveria diminuir. Entretanto, por essa mesma ocasião, a placenta, estando mais desenvolvida, passa a produzir progesterona, mantendo a taxa desse hormônio elevada até o final da gestação.

Tubas uterinas (trompas de Falópio, ovidutos)

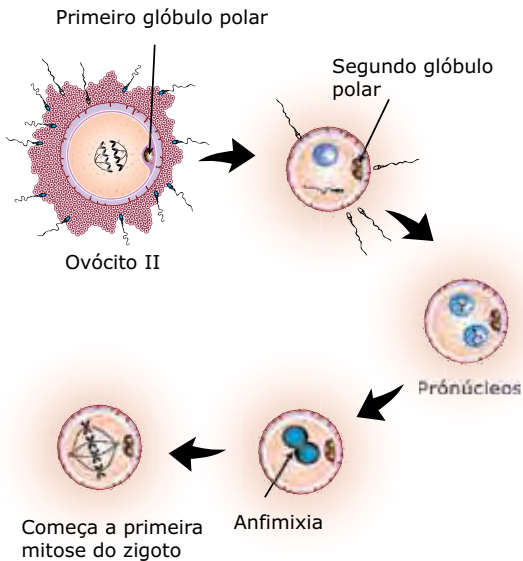
São canais musculares e flexíveis, com cerca de 12 cm de comprimento, que fazem a comunicação dos ovários com o útero. Nas suas extremidades, próximas aos ovários, possuem franjas móveis (fímbrias) que sugam o ovócito II, logo que ele é liberado do ovário através da ovulação. É o órgão onde normalmente ocorrem os fenômenos da fecundação e da segmentação.

A) Fecundação – Consiste na união do espermatozoide com o "óvulo". Resumidamente, acontece da seguinte maneira: os espermatozoides, em grande número, são liberados na cavidade vaginal, cujo meio é ácido. Apesar de existirem no sêmen substâncias alcalinas (secreções prostáticas) para neutralizar essa acidez, muitos espermatozoides morrem ainda na vagina em consequência da acidez do meio. As secreções prostáticas, portanto, não garantem a sobrevivência de todos os milhões de espermatozoides liberados na cavidade vaginal. Os espermatozoides que sobrevivem a essa primeira barreira chegam ao colo do útero, onde existe uma secreção viscosa (o muco cervical) que retém aí um grande número de espermatozoides. Os espermatozoides que vencem essa segunda barreira deslocam-se pela mucosa franjada do útero (endométrio), o que torna o caminho até as entradas das tubas uterinas muito mais longo e, por isso, um grande número de espermatozoides acaba morrendo durante essa "caminhada".

Migração dos espermatozoides nas vias genitais femininas

Os espermatozoides que conseguem chegar até as entradas das tubas uterinas penetram nesses órgãos e começam a subida pelo seu interior. Uma vez no interior das tubas, os gametas masculinos terão de vencer o peristaltismo e o movimento ciliar que existem nesses ovidutos. O movimento peristáltico tubário é decorrente das contrações da musculatura lisa das paredes do órgão e se realiza no sentido dos ovários para o útero. O movimento ciliar do epitélio que reveste internamente as tubas uterinas também é feito no sentido do ovário para o útero. Desse modo, os espermatozoides terão de "nadar contra a correnteza" e, assim, muitos não conseguem vencer mais esse obstáculo. Assim, um grupo muito pequeno de espermatozoides consegue chegar até o ovócito II, no qual encontrarão mais um obstáculo: a *corona radiata* que envolve o ovócito II.

Será necessário abrir caminho entre as células da *corona radiata* que se mantêm unidas por um material contendo o ácido hialurônico. Para tal, os espermatozoides liberam dos seus acrossomos a enzima hialuronidase, que desfaz o ácido hialurônico existente entre as células dessa camada, deixando a superfície do ovócito II mais exposta. Nesse momento, o espermatozoide que se encontra mais próximo da superfície do ovócito II adere a ela e, imediatamente, inicia a penetração mediante movimentos rotatórios à maneira de um saca-rolhas.

Após essa penetração, o núcleo haploide (n) do espermatozoide passa a ser chamado de pronúcleo masculino. Com essa penetração, o ovócito II sofre a segunda divisão da meiose, originando o óvulo, cujo núcleo, também haploide, é denominado de pronúcleo feminino.

Assim, na espécie humana, há um breve momento de óvulo que só se forma se o ovócito II for penetrado por um espermatozoide. Em seguida, ocorre a anfimixia ou cariogamia, que consiste na união dos pronúcleos masculino e feminino, formando um núcleo diploide (2n). Com a formação desse núcleo diploide, a célula passa a ser chamada de célula-ovo ou zigoto.

Fecundação na espécie humana

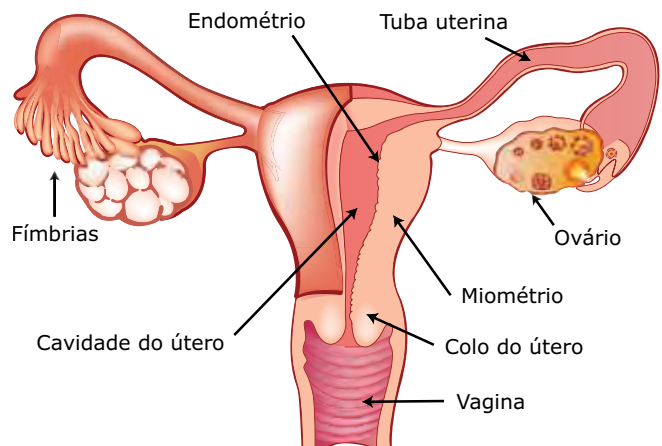
Normalmente, na espécie humana ocorre a monospermia. Excepcionalmente, podem entrar dois ou mais espermatozoides ao mesmo tempo. Nesse caso, teremos uma polispermia que geralmente não leva a nada, pois somente o núcleo de um deles vai fundir-se com o núcleo do óvulo. Os demais degeneram-se e são eliminados. Durante um processo anormal, conhecido por dispermia, dois espermatozoides podem participar da fertilização, o que resulta em um conjunto extra de cromossomos. Os embriões triploides (69 cromossomos), assim formados, quase sempre abortam. Fetos que abortaram com triploidia (3n) apresentaram um retardo do crescimento intrauterino grave, com um tronco desproporcionalmente pequeno e muitas outras anomalias. Segundo a literatura, já ocorreram nascimentos de algumas crianças triploides, mas todas morreram logo após o nascimento.

Uma vez ocorrida a fecundação com a consequente formação da célula-ovo (zigoto), essa célula é "empurrada" para o útero por meio do peristaltismo tubário e dos movimentos ciliares do epitélio que reveste internamente a tuba uterina. Enquanto desce pela tuba em direção ao útero, o zigoto realiza a segmentação ou clivagem.

B) **Segmentação (clivagem)** – É a primeira etapa do nosso desenvolvimento embrionário. Consiste em sucessivas divisões mitóticas (mitoses) realizadas a partir da célula-ovo (zigoto), que culminam com a formação de uma estrutura embrionária denominada blástula.

A segmentação na espécie humana dura de 4 a 6 dias. Assim, por volta do 4º, 5º ou 6º dia, após a ocorrência da fecundação, a blástula já estará no útero, onde deverá se implantar no endométrio (nidação) e dar continuidade ao seu desenvolvimento. Assim, todo o restante do desenvolvimento embrionário ocorrerá no útero.

Útero

É um órgão cavitário com parede predominantemente muscular. Em estado não gravídico, possui cerca de 7,5 cm de comprimento e 5 cm de largura. A porção muscular da parede uterina é denominada miométrio e o revestimento da sua cavidade é uma mucosa conhecida por endométrio.

Útero *– A parte superior do útero, isto é, a porção do útero situada acima dos pontos onde desembocam as tubas uterinas, é denominada fundo do útero. A parte inferior que se abre na vagina é o colo ou cérvix. A porção compreendida entre o fundo e o colo constitui o chamado corpo do útero.*

O endométrio é formado por um epitélio simples cilíndrico com células ciliadas apoiadas numa lâmina própria (tecido conjuntivo propriamente dito). Durante o chamado ciclo menstrual, o endométrio sofre uma série de modificações estruturais decorrentes da ação de certos hormônios liberados pelos ovários.

É no útero, mais precisamente no endométrio, que normalmente ocorre o fenômeno da nidação.

A nidação consiste na fixação ou implantação da blástula no endométrio. Essa blástula também pode ser chamada de blastocisto.

A partir da nidação, todo o resto do desenvolvimento embrionário humano ocorrerá no útero, até o nascimento do novo indivíduo. À medida que o embrião vai se desenvolvendo e crescendo, o útero, graças a sua grande capacidade de distensão, também vai aumentado de volume.

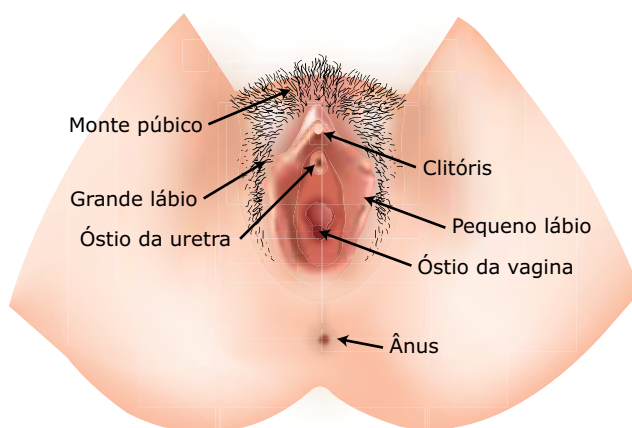
Vagina

É um canal com cerca de 10 a 15 cm de comprimento que faz a comunicação entre o útero e o meio externo. Seu revestimento interno, constituído por um epitélio estratificado pavimentoso, sob estímulo do estrógeno, sintetiza e acumula grande quantidade de glicogênio. Quando essas células descamam, o glicogênio é lançado na luz (cavidade) da vagina, onde será metabolizado por bactérias da flora vaginal normal, em especial os bacilos de Dodderlein, produzindo o ácido láctico. O ácido láctico é responsável pelo meio ácido normalmente observado na vagina. Essa acidez confere certa proteção contra micro-organismos patogênicos, embora também seja desfavorável aos espermatozoides.

Nas mulheres virgens, a entrada da vagina é parcialmente obstruída por uma membrana perfurada (geralmente uma perfuração central de diâmetro variável), delicada e pouco vascularizada, denominada hímen. O hímen é rompido, geralmente, durante a primeira relação sexual.

Além de ser o órgão copulador feminino, a vagina também dá passagem ao feto por ocasião do parto e, mensalmente, aos produtos da menstruação.

Vulva (genitália externa)

Compreende as seguintes estruturas: monte púbico, grandes lábios, pequenos lábios, vestíbulo da vagina e clitóris.

Genitália externa *– O monte púbico (monte de vênus) é uma elevação constituída principalmente por tecido adiposo que, após a puberdade, apresenta-se coberta por pelos espessos. Os grandes lábios são duas pregas (dobras) da pele, contendo grande quantidade de tecido adiposo. Após a puberdade, a face externa dos grandes lábios também apresenta-se coberta por pelos grossos. Já os pequenos lábios são dobras da mucosa vaginal que ficam escondidas pelos grandes lábios. O vestíbulo da vagina é o espaço existente entre os pequenos lábios. Nele, localizam-se o óstio (abertura) externo da uretra, o óstio da vagina e os orifícios dos ductos das glândulas vestibulares. As glândulas vestibulares produzem secreções nos momentos preparatórios e durante o coito, tornando as estruturas úmidas e facilitando a relação sexual. As duas maiores glândulas vestibulares são as glândulas de Bartholin, localizadas uma de cada lado do vestíbulo. Além destas, existem numerosas outras glândulas vestibulares menores. O clitóris é uma estrutura rudimentar homóloga ao pênis. A glande do clitóris é visível no local onde se fundem anteriormente os pequenos lábios. É uma estrutura extremamente sensível, que entra em ereção por mecanismo semelhante à ereção do pênis, e está ligada à excitabilidade sexual feminina.*

MÉTODOS ANTICONCEPCIONAIS OU CONTRACEPTIVOS

Os métodos anticoncepcionais permitem que o ato sexual seja dissociado de sua consequência natural, a concepção. A finalidade de todos os métodos é, portanto, evitar a gravidez.

Métodos químicos

Utilizam-se de substâncias químicas com finalidade de destruir ou dificultar a sobrevivência dos espermatozoides, ou substâncias que impedem a ovulação. Entre eles, destacamos:

A) **Substâncias espermicidas (espermaticidas)** – São cremes, geleias, etc. que matam os espermatozoides. São substâncias ácidas que devem ser aplicadas no interior da vagina antes do ato sexual. São pouco eficazes se usados isoladamente. O ideal é que sejam utilizados em associação com outros métodos, como o diafragma vaginal.

B) **Substâncias hormonais** – São hormônios sintéticos que, se administrados corretamente em dosagens certas, têm normalmente a finalidade de evitar a ovulação. Entre eles, a pílula anticoncepcional é, sem sombra de dúvida, o mais amplamente utilizado. As pílulas anticoncepcionais tradicionais são comprimidos que contêm hormônios sexuais femininos (estrógeno e progesterona) sintéticos, semelhantes aos produzidos pelos ovários.

O uso diário desses comprimidos mantém as taxas de estrógeno e progesterona sempre elevadas no organismo feminino. As taxas elevadas desses hormônios inibem a hipófise de secretar as gonadotrofinas FSH e LH. Não havendo a liberação de FSH e LH, não há o desenvolvimento dos folículos ovarianos e, consequentemente, não haverá a ovulação. A pílula, portanto, é um anovulatório.

No primeiro mês de uso da pílula, é aconselhável usar também outro método, como a "camisinha". Isso porque, às vezes, ainda ocorre ovulação nesse primeiro mês.

Se usada corretamente, a pílula oferece uma margem de segurança em torno de 99%. Existem diversos tipos de pílulas, com diferentes dosagens de hormônios. Cabe ao médico determinar qual o tipo de pílula adequado ao organismo de cada paciente. Assim, antes de iniciar o uso da pílula, é imprescindível buscar orientação médica.

É bom ressaltar que algumas mulheres não se adaptam a esse método devido aos efeitos colaterais observados (enjoo, dores de cabeça, nervosismo, retenção de líquidos, hipertensão, aumento de peso, etc.). Às vezes, tais efeitos podem trazer consequências extremamente graves. Mulheres que já possuem problemas circulatórios, por exemplo, não devem fazer uso da pílula, pois isso aumenta a probabilidade de ocorrência de distúrbios cardiovasculares, como as tromboses e enfartes. Está também comprovado que o fumo aumenta os riscos da pílula causar distúrbios cardiovasculares.

Existem também implantes subcutâneos, que são pequenos bastões, contendo hormônio, colocados sob a pele do braço, que liberam esta substância durante um período de 3 a 5 anos.

A chamada pílula do dia seguinte, que consiste na administração de doses relativamente grandes de estrógenos por meio de uma ou duas pílulas, começando pouco depois de uma relação sexual não protegida, geralmente não impede a fertilização, mas, com frequência, impede a nidação. A grande quantidade de estrógeno altera o equilíbrio normal entre estrógeno e progesterona necessário à preparação do endométrio para a implantação do blastocisto. A administração pós-concepção de hormônio para impedir a implantação do blastocisto é, algumas vezes, usada em casos de agressão sexual ou falha de outro método contraceptivo.

Métodos mecânicos

São dispositivos que impedem a fecundação ou a nidação. Entre eles, temos:

A) **Camisinhas (*condoms*, camisas de vênus, preservativos)** – É um revestimento de látex (borracha fina) que deve ser colocado no pênis ereto, antes da penetração na vagina. Assim, o esperma ejaculado fica dentro da camisinha, impedindo que os espermatozoides entrem nas vias genitais femininas.

Ao colocar a camisinha, é preciso deixar um espaço livre no fundo para que o esperma se deposite ali. O preservativo deve ser retirado ao término da relação sexual, com o pênis ainda ereto.

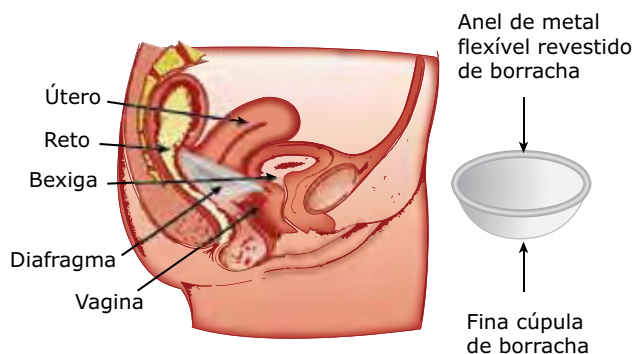
Sendo de boa qualidade e usada corretamente, a camisinha oferece alta margem de segurança.

Como impede o contato direto entre o pênis e a mucosa vaginal, a camisinha também serve como profilaxia de doenças sexualmente transmissíveis (Aids, gonorreia, sífilis, etc.).

B) **Camisinha feminina** – É uma pequena bolsa de plástico fino e macio, que é colocada dentro da vagina antes de cada relação e retirada depois. Atua como uma barreira, impedindo que os espermatozoides entrem no útero. Permite que a mulher também possa se prevenir das doenças sexualmente transmissíveis, sem depender do seu parceiro.

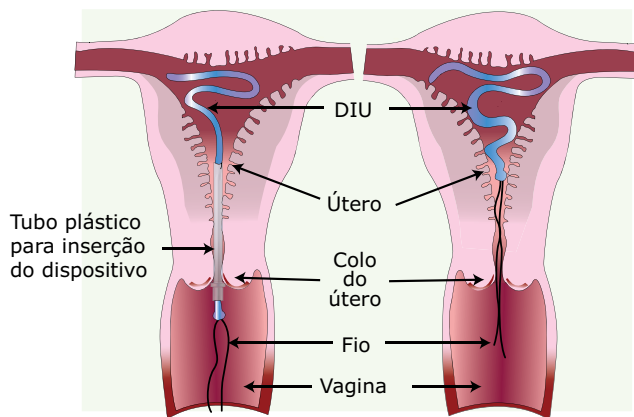
C) **Diafragma** – É um disco de borracha flexível que deve ser colocado na parte mais profunda da vagina, de modo a tampar a entrada do colo do útero, impedindo, dessa maneira, a passagem dos espermatozoides para o útero e daí para as trompas, onde normalmente ocorre a fecundação.

A colocação do diafragma não é muito simples, é preciso um pouco de treino. Deve-se consultar um médico, que indicará o tamanho adequado de diafragma adaptado para cada mulher e que a ensinará a usá-lo. Para aumentar a sua eficiência, aconselha-se lubrificar as bordas do diafragma com geleia ou pomada espermicida.

Deve ser colocado antes da relação sexual e retirado cerca de oito horas depois.

Posição do diafragma no aparelho feminino

Por não prejudicar a saúde e não alterar a mecânica da cópula, o diafragma vem sendo recomendado por muitos médicos, em substituição à pílula anticoncepcional. Sua eficiência, porém, é um pouco menor que a da pílula.

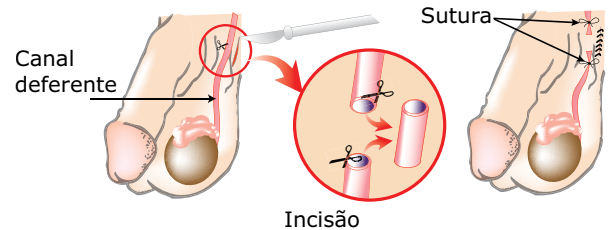
D) DIU (Dispositivo Intrauterino) – É uma peça de plástico ou de cobre que é colocada pelo médico de maneira especial dentro do útero, de tal forma que fique bem ajustado ao endométrio.

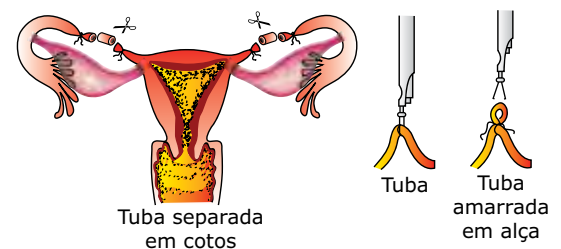
O DIU de plástico não impede a fecundação, mas funciona como um corpo estranho que provoca uma pequena irritação ou inflamação no útero e acelera suas contrações, impedido a nidação. Neste caso, funciona como um abortivo. Já o DIU de cobre possui um fino fio desse metal revestindo sua haste e libera sais de cobre que matam os espermatozoides assim que eles penetram no útero. Sendo sua primeira ação espermicida, impedindo a fecundação, esse tipo de DIU não seria primariamente abortivo e, por isso, sua fabricação, venda e uso são considerados legais no Brasil. Entretanto, ainda é discutida a ação desse tipo de DIU na contracepção.

A colocação do DIU é feita pelo médico por meio de um tubo plástico, através do qual o dispositivo é injetado no fundo do útero, onde pode ficar vários anos. Essa operação é rápida e indolor, e o dispositivo pode ser retirado puxando-se os fios que estão ligados à sua base.

Além de não interferir nas relações sexuais, o DIU é um método bastante seguro, desde que haja um acompanhamento médico periódico, atingindo uma eficácia em torno de 98%. Mas ele apresenta algumas desvantagens, como não ser tolerado por muitas mulheres (é expelido pelo organismo), provocar cólicas durante os primeiros dias de uso e aumentar a perda de sangue menstrual.

Métodos cirúrgicos

São os que oferecem maiores margens de segurança (próximas a 100%). Entre eles temos:

A) Vasectomia (deferentectomia) – Consiste na secção dos canais deferentes, impedindo assim que os espermatozoides cheguem à uretra. Trata-se de um procedimento relativamente simples; num mesmo dia, o homem pode ser operado e voltar para casa, retomando suas atividades normais. Ao contrário do que muitos ainda pensam, essa cirurgia não modifica o comportamento sexual do homem: o homem vasectomizado continua tendo ereção e ejacula normalmente, com a diferença de que seu esperma (sêmen) não contém espermatozoides, sendo constituído apenas pelas secreções das glândulas (vesículas seminais, próstata, bulbouretrais).

Vasectomia *– A vasectomia é na realidade um método de esterilização masculina. Atualmente, existem técnicas que, em determinadas situações, conseguem, com sucesso, realizar a reinversão desse processo cirúrgico.*

B) Laqueadura (ligação, ligadura) das tubas – Técnica de esterilização feminina que consiste numa cirurgia em que as tubas uterinas (trompas de Falópio) podem ser simplesmente amarradas em forma de alça com um fio inabsorvível ou, então, seccionadas na porção superior do ponto amarrado, de modo a separar em cotos. Esse procedimento impede que os espermatozoides alcancem o ovócito II, evitando a fecundação.

Laqueadura das tubas *– Com grau de eficiência de quase 100%, a laqueadura é considerada um anticonceptivo definitivo, uma vez que é difícil de ser revertida com sucesso, embora, do mesmo modo que a vasectomia, novas técnicas tenham aumentado as possibilidades de fazer a reinversão do processo. Por isso, esse método é normalmente aplicado apenas em mulheres que já tiveram filhos e que se acham seguras de que não querem outros, além de não desejarem usar outras medidas anticonceptivas.*

Métodos naturais

A) Método do calendário ou do ritmo ("Tabelinhas") – É um método natural, pois não utiliza nenhum material ou substância química. Consiste em não ter relações sexuais durante o chamado período fértil do ciclo menstrual. Esse período fértil engloba a data da provável ovulação, os três dias antes e os três dias depois dessa data (alguns autores ampliam esse período e mandam considerar quatro dias antes e quatro dias depois da provável data da ovulação).

Para determinar a data da provável ovulação, primeiro a mulher precisa saber qual o tempo de duração do seu ciclo menstrual e se o mesmo é regular (28 em 28 dias, 30 em 30 dias, etc.). A data da provável ovulação será quatorze dias antes do início da menstruação. Veja o exemplo a seguir:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

3 – 1º dia da menstruação

16 – Provável ovulação

12 a 20 – Período fértil

Ciclo = 28 dias

É preciso muito cuidado: o método da tabelinha falha com muita frequência, não funcionando em mulheres com ciclo irregular. E mesmo quando o ciclo é bem regular, pode ocorrer uma irregularidade passageira. Por isso, não é um método adequado para quem quer evitar com sucesso uma gravidez.

Para aumentar a eficácia ou segurança do método da tabelinha, é aconselhável associá-lo ao controle da temperatura basal. Sabe-se que a temperatura corporal (basal) aumenta de 0,2 a 0,5 °C logo após a ovulação, permanecendo elevada até a menstruação seguinte. Assim, se a temperatura for medida todos os dias, de preferência pela manhã, antes de se levantar, pode-se detectar a elevação da temperatura média do corpo e, assim, determinar com maior margem de segurança o dia em que a ovulação ocorreu. Os dias férteis terminam quando a temperatura subiu e permaneceu alta por três dias.

O método da tabelinha é o único aprovado pela Igreja Católica. Não exige controle médico e não tem consequência para a saúde física, mas tem a desvantagem de ser o menos seguro de todos. Além disso, requer abstinência das relações sexuais durante um certo período, prejudicando a espontaneidade da vida sexual do casal.

B) Método do coito interrompido – Considerado um método natural, consiste em retirar o pênis da vagina antes da ejaculação.

Não é um método seguro. Às vezes, saem pequenas gotas de esperma antes da ejaculação. Como uma pequena gota tem milhões de espermatozoides, a mulher poderá ficar grávida. Além disso, dificilmente os homens têm controle suficiente sobre o seu próprio corpo para interromper a relação no momento exato.

Também não é um método satisfatório, pois pode causar uma diminuição do prazer sexual do casal.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) Sobre o sistema reprodutor masculino, afirma-se que

A) a formação dos espermatozoides ocorre continuamente no epidídimo, após a puberdade.

B) a posição dos testículos na bolsa escrotal é importante para a espermatogênese, pois permite a manutenção de uma temperatura ideal para o processo.

C) a vasectomia, quando efetuada, é feita a nível testicular.

D) o sêmen é constituído apenas de espermatozoides e muco.

E) os testículos possuem também função hormonal devido à produção de ICSH.

02. (UFMG) Com relação à espermatogênese humana, é **ERRADO** afirmar que

A) o espermatócito I, célula diploide, entra em divisão meiótica, originando o espermatócito II, célula haploide.

B) o hormônio luteinizante (LH) atua sobre as células intersticiais dos testículos (células de Leydig), inibindo a produção de andrógenos.

C) a espermiogênese consiste numa série de modificações pelas quais passam as espermátides até se transformarem em espermatozoides.

D) a desnutrição, o alcoolismo, a ação de drogas, entre outros fatores, afetam a espermatogênese.

E) na criptorquidia (não descida dos testículos) ocorre a inibição da espermatogênese devido à temperatura mais elevada da cavidade abdominal.

03. (PUC Minas) Em relação ao sistema reprodutor feminino, a afirmativa **VERDADEIRA** é:

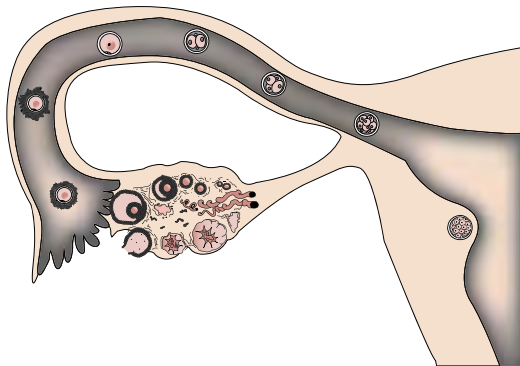
A) O clitóris é um órgão atrofiado, sem função na mulher.

B) O crescimento das mamas, na puberdade, é denominado caráter sexual primário.

C) O processo menstrual deve-se a baixas taxas hormonais de gonadotrofinas coriônicas.

D) O pH vaginal, sendo alcalino, facilita a locomoção dos espermatozoides.

E) São liberados estrógeno e progesterona pelos ovários em níveis alternados, levando a modificações do endométrio.

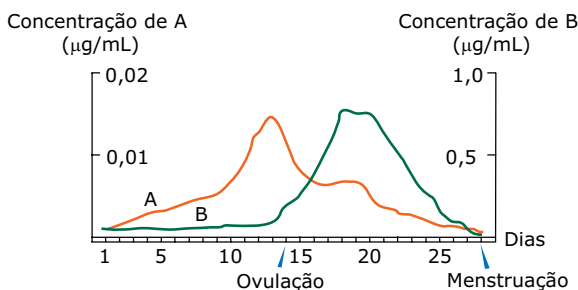
04. (UFU-MG) A ilustração a seguir representa parte do sistema reprodutor feminino e as etapas iniciais da gestação.

Considere as informações representadas e assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Na ovulação, o ovócito secundário rompe a parede do ovário e se fixa na parede da tuba uterina (trompa de Falópio).

B) Nidação é o nome dado ao processo de implantação do embrião na parede do útero.

C) A fecundação acontece no ovário.

D) A placenta é responsável pela nutrição do óvulo.

05. (FUVEST-SP) O gráfico representa as variações das concentrações plasmáticas de dois hormônios ovarianos durante o ciclo menstrual de uma mulher.

Quais são, respectivamente, os hormônios A e B?

A) Luteinizante e folículo estimulante.

B) Folículo estimulante e luteinizante.

C) Luteinizante e progesterona.

D) Progesterona e estrógeno.

E) Estrógeno e progesterona.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UEG-GO–2006) O processo de formação de espermatozoides, conhecido como espermatogênese, ocorre em quatro períodos: germinativo, de crescimento, de maturação e de diferenciação.

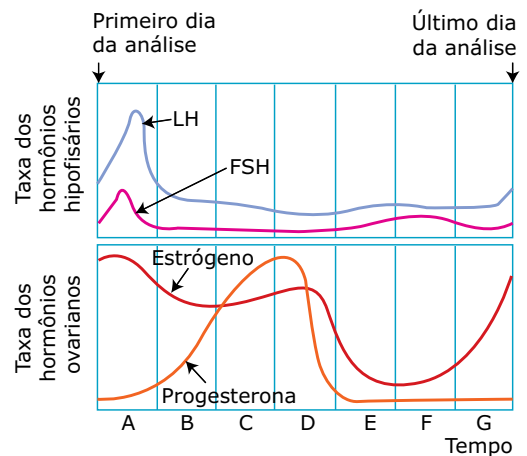
Sabendo-se que o espermatócito I é encontrado no período de crescimento e que a espermátide é encontrada ao final do período de maturação, pergunta-se: quantos espermatozoides serão formados a partir de 80 espermatócitos I e de 80 espermátides?

A) 40 e 20

B) 160 e 320

C) 320 e 80

D) 320 e 160

02. (FUVEST-SP) Foram feitas medidas diárias das taxas dos hormônios: luteinizante (LH), folículo estimulante (FSH), estrógeno e progesterona, no sangue de uma mulher adulta, jovem, durante vinte e oito dias consecutivos. Os resultados estão mostrados no gráfico:

Os períodos mais prováveis de ocorrência da menstruação e da ovulação, respectivamente, são

A) A e C.

B) A e E.

C) C e A.

D) E e C.

E) E e A.

03. (UFRN) Marque a alternativa em que o método contraceptivo está **CORRETAMENTE** associado a seu mecanismo de ação.

A) A laqueadura tubária (ligadura de trompas) interrompe a ovulação.

B) A vasectomia impede que os espermatozoides sejam expelidos na ejaculação.

C) O uso de pílulas evita a penetração do espermatozoide no ovócito.

D) O método da tabelinha inibe a secreção ovariana.

04. (UFMG) Em relação a alguns métodos anticoncepcionais, é **ERRADO** afirmar que

A) o método do ritmo de calendário consiste na suspensão de relações sexuais no período provável da ovulação. Esse método tem a sua eficácia comprometida pela dificuldade de determinação do dia exato da ovulação, principalmente em mulheres de ciclo irregular.

B) os produtos espermicidas, que são colocados na vagina para matar os espermatozoides, podem causar ligeiras irritações na vagina. Tais produtos costumam ser usados em associação com outros métodos anticoncepcionais.

C) o diafragma consiste em um artefato de metal, geralmente em forma espiralada, que, colocado dentro do útero, impede a penetração dos espermatozoides. O diafragma pode causar sangramento e ser rejeitado por algumas mulheres.

D) a vasectomia consiste no ligamento ou corte dos canais deferentes, impedindo a liberação dos espermatozoides produzidos pelos testículos. A vasectomia torna o homem estéril, mas não interfere na sua potência.

E) existem pílulas anticoncepcionais que, administradas durante 21 dias do ciclo, impedem a maturação dos folículos e a ovulação, podendo apresentar como efeitos colaterais alguma retenção de água, náuseas e hipertensão.

05. (UFU-MG–2006) Com relação à reprodução humana, marque a alternativa **CORRETA**.

A) Indivíduos vasectomizados têm os ductos seminíferos seccionados, o que impede a passagem dos espermatozoides.

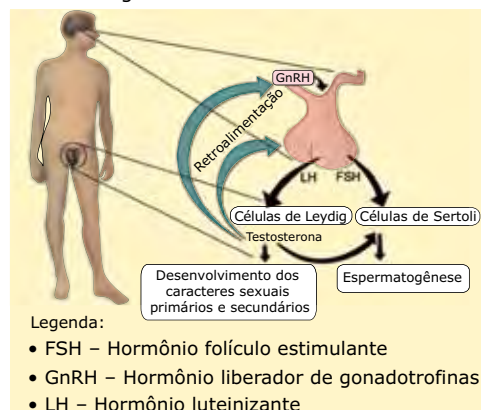
B) Na criptorquidia, a temperatura do local onde os testículos se alojam é maior que a ideal para a espermatogênese, o que leva à esterilidade masculina.

C) A fecundação, que em condições normais acontece na cavidade uterina dois dias antes da nidação, depende da ação de enzimas hidrolíticas.

D) Os ovários localizam-se atrás do útero. Para a produção constante de ovócitos, é necessário que os ovários estejam 2 °C abaixo da temperatura abdominal.

06. (UFMG–2010) Um estudo chinês vem anunciando resultados promissores para o desenvolvimento de um anticoncepcional para homens. O tratamento, com eficácia de 99%, consiste em aplicar-se, no interessado, uma injeção mensal de testosterona.

FOLHA DE S. PAULO, 8 maio 2009. (Adaptação).

Analise estas figuras:

Considerando-se essas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, é **CORRETO** afirmar que a testosterona injetada

A) age sobre os túbulos seminíferos, inibindo a espermatogênese.

B) bloqueia diretamente as funções das células de Leydig.

C) inibe a liberação dos hormônios LH e FSH pela hipófise.

D) reduz a produção de gonadotrofinas na glândula pineal.

07. (FUVEST-SP) Comparando-se a espermatogênese com a ovogênese, na espécie humana, pode-se afirmar que têm em comum

A) o número de gametas formados.

B) o tamanho dos gametas formados.

C) o número de cromossomos nos gametas.

D) a velocidade de ocorrência do processo.

E) a mobilidade dos gametas formados.

08. (FCC-SP) Na espécie humana, após a fecundação, verifica-se a suspensão da menstruação porque

A) a placenta em formação produz um hormônio que mantém o corpo lúteo funcionante.

B) a hipófise, estimulada pelo corpo lúteo, passa a produzir gonadotrofina.

C) o nível de estrógeno e progesterona do sangue é mantido pelos folículos ovarianos em desenvolvimento.

D) a hipófise não libera o hormônio folículo estimulante, devido ao baixo nível de estrógeno no sangue.

E) a membrana de fertilização do óvulo, formada após a penetração do espermatozoide, produz hormônio luteinizante.

09. (UNIFESP–2007) Um homem dosou a concentração de testosterona em seu sangue e descobriu que esse hormônio encontrava-se num nível muito abaixo do normal esperado. Imediatamente buscou ajuda médica, pedindo a reversão da vasectomia a que se submetera havia dois anos. A vasectomia consiste no seccionamento dos ductos deferentes presentes nos testículos. Diante disso, o pedido do homem

A) não tem fundamento, pois a testosterona é produzida por glândulas situadas acima dos ductos, próximo à próstata.
B) não tem fundamento, pois o seccionamento impede unicamente o transporte dos espermatozoides dos testículos para o pênis.
C) tem fundamento, pois a secção dos ductos deferentes impede o transporte da testosterona dos testículos para o restante do corpo.
D) tem fundamento, pois a produção da testosterona ocorre nos ductos deferentes e, com seu seccionamento, essa produção cessa.
E) tem fundamento, pois a testosterona é produzida no epidídimo e dali é transportada pelos ductos deferentes para o restante do corpo.

10. (FCMMG) Uma menina, ao nascer, abriga em seus ovários multiplicados e crescidos todos os oócitos primários em processo de meiose interrompida, fenômeno este chamado de dictióteno. A continuação desse processo se dará

A) após a formação do ovo.
B) pela reprodução das ovogônias.
C) com o início da atividade sexual.
D) pelo acúmulo de vitelo no citoplasma do óvulo.
E) com a instalação da puberdade, sob estímulo hormonal.

11. (UFU-MG) A espermatogênese e a ovulação, processos fundamentais na reprodução humana, dependem da ação de alguns hormônios.

Marque a alternativa que indica os hormônios que têm influência nesses eventos.

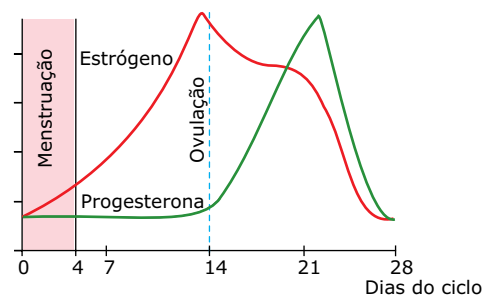
A) Prolactina e estrogênio.
B) Testosterona e calcitonina.
C) FSH e LH.
D) Progesterona e ADH.

12. (PUC-Rio–2011) A frequência do câncer da próstata na espécie humana aumentou de forma explosiva nos últimos anos. Notícias e reportagens inundaram os meios de comunicação, mas informações desencontradas têm gerado aflições indevidas pela importância funcional deste órgão.

Diponível em: <http://www.uronline.unifesp.br/uronline/ed1098/caprostata.htm> (Adaptação).

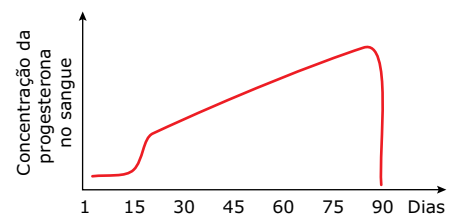
Quanto à função da próstata, é **CORRETO** afirmar que é

A) uma glândula exócrina responsável pela produção de um fluido cuja alcalinidade ajuda a neutralizar o pH do trato vaginal, prolongando a vida dos espermatozoides.
B) um órgão sexual localizado abaixo da bexiga urinária cuja principal função é produzir líquido seminal responsável pelo movimento das espermátides.
C) uma glândula endócrina responsável pela produção de hormônios que estimulam a maturação das espermatogônias em espermatozoides.
D) uma parte modificada da uretra cuja principal função é armazenar espermatozoides maduros até a ejaculação do sêmen.
E) um órgão do aparelho genitourinário masculino, protegido por uma bolsa externa ao corpo e responsável pela produção de testosterona.

13. (UFMG)

Nessa figura, estão representadas etapas do ciclo menstrual.

Com base na figura e em conhecimentos sobre menstruação, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) Decorre da descamação da mucosa uterina.
B) Decorre da grande quantidade de progesterona no sangue.
C) Coincide com o início da elevação do nível de estrogênio.
D) É o período menos provável de fecundação.
E) Ocorre a ovulação cerca de 14 dias após o seu início.

14. (UFRJ) O gráfico mostra os níveis dos hormônios progestacionais no sangue de uma mulher num período de 90 dias.

A) Como deve ser interpretado o aumento progressivo do nível de concentração da progesterona a partir do 15° dia?
B) Que fato deve estar associado à queda do nível de hormônio por volta do 90° dia?

15. (UEL-PR–2011) Em algumas modalidades esportivas, as equipes devem ser formadas apenas por atletas do mesmo sexo. Sobre as características que determinam ou diferenciam o sexo, é **CORRETO** afirmar:

A) O sexo masculino depende de um gene determinador do sexo localizado no cromossomo Y.

B) A progesterona atua no desenvolvimento de órgãos genitais típicos do sexo masculino.

C) Os núcleos das células feminina e masculina apresentam um mesmo conjunto cromossômico.

D) A testosterona é o principal hormônio sexual feminino produzido nas trompas.

E) As células masculinas apresentam cromatina sexual.

SEÇÃO ENEM

01. Analise os dados da tabela a seguir.

Uso de métodos contraceptivos entre mulheres com vida sexual ativa, de 20 a 60 anos. São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2003.

Método contraceptivo	20 a 49 anos		50 a 60 anos	
	n	%	n	%
Anticoncepcional oral	282	48,8	–	–
DIU	42	7,3	2	4,1
Coito interrompido	4	0,7	–	–
Preservativo	100	17,3	4	8,2
Ligadura tubária	108	18,7	39	79,6
Tabelinha	2	0,3	–	–
Anticoncepcional oral e preservativo	1	0,2	–	–
Injetável	20	3,5	–	–
Intradérmico	2	0,3	–	–
Vasectomia	12	2,1	2	4,1
Muco cervical	1	0,1	–	–
Preservativo e anticoncepcional injetável	1	0,2	–	–
Anel	2	0,3	–	–
Preservativo e tabela	1	0,2	–	–
Gotas	–	–	2	4,0
Total	**578**	**100,0**	**47**	**100,0**

Os dados da tabela indicam que

A) há predominância do uso de métodos contraceptivos masculinos na vida sexual dessas mulheres.

B) os métodos contraceptivos usados pelas mulheres acima de 50 anos são anovulatórios.

C) os métodos contraceptivos naturais usados pelas mulheres de até 49 anos constituem apenas 0,3% do total.

D) os métodos contraceptivos de ação hormonal usados pelas mulheres até 49 anos ultrapassam 50%.

E) a redução do uso de contraceptivos pelas mulheres acima de 50 anos está relacionada com a diminuição da vida sexual.

02. Uma adolescente de 17 anos e seu namorado, também de 17 anos, ficaram juntos, pela primeira vez, em uma relação sexual completa e "transaram" sem preservativo ("camisinha"). A adolescente, que não faz uso de nenhum tipo de anticoncepcional e tem um ciclo menstrual regular de 28 dias, está preocupada porque é muito provável que a relação entre os dois tenha ocorrido durante o período de sua ovulação. Considerando que a última menstruação da adolescente ocorreu no período compreendido entre 1 e 4 de junho, para que a relação sexual do casal possa ter ocasionado uma gravidez indesejada, essa relação deve ter ocorrido no período de

A) 25 a 30 de junho.

B) 8 a 11 de junho.

C) 11 a 17 de junho.

D) 4 a 8 de junho.

E) 20 a 25 de junho.

GABARITO

Fixação

01. B
02. B
03. E
04. B
05. E

Propostos

01. C
02. E
03. B
04. C
05. B
06. C
07. C
08. A
09. B
10. E
11. C
12. A
13. B

14. A) Um aumento progressivo do nível de progesterona, no período de tempo considerado, indica gravidez.

B) A queda brusca da taxa de progestrona, no momento considerado (90° dia), indica interrupção da gravidez ou aborto.

15. A

Seção Enem

01. D
02. C

BIOLOGIA

Ecossistemas

ECOSSISTEMAS TERRESTRES

A biosfera pode ser subdividida em biociclos: biociclo terrestre (epinociclo), biociclo dulcícola (limnociclo) e biociclo de água salgada (talassociclo).

Os biociclos, por sua vez, podem ser subdivididos em unidades chamadas biocoros ou biocoras. As florestas e os campos, por exemplo, são biocoros do biociclo terrestre. Cada biocoro também pode ser subdividido em partes denominadas biomas. O biocoro floresta, por exemplo, apresenta vários biomas com características bióticas e abióticas próprias: Floresta Tropical, Floresta Temperada, Floresta de Coníferas, etc. Os biomas, portanto, são grandes ecossistemas com fauna, flora e clima próprios, constituídos por comunidades que atingiram o estágio clímax. Assim, as Florestas, os Campos e os Desertos são exemplos de biomas terrestres. Já os Lagos e os Mares são exemplos de biomas aquáticos.

OBSERVAÇÕES

- Alguns autores usam o termo bioma para designar apenas ecossistemas terrestres. Outros usam a palavra indistintamente para grandes ecossistemas, incluindo os aquáticos.
- O estado de clímax atingido por um bioma depende de um grande número de fatores, tais como a latitude, as temperaturas médias e extremas da região, o relevo, o regime de chuvas e o tipo de solo.
- A identificação dos biomas terrestres é feita principalmente através da vegetação que apresentam. Por isso, são também conhecidos como formações fitogeográficas, isto é, formações vegetais típicas de determinadas regiões. Os principais biomas terrestres são: Tundra, Florestas de Coníferas, Florestas Temperadas, Florestas Tropicais, Campos e Desertos. Um mesmo tipo de bioma terrestre pode estar presente em mais de uma região do planeta. Por exemplo: o bioma do tipo Floresta Tropical existe em parte da América do Sul e em regiões da África e da Ásia; o mesmo ocorre com o bioma do tipo Deserto, que é encontrado em várias partes da Terra.

Tundra

Localizado no Hemisfério Norte, abaixo da zona de gelo permanente (calota polar), esse bioma circunda o Polo Norte, compreendendo a parte norte do Alasca, do Canadá, da Groenlândia, da Noruega, da Suécia, da Finlândia e da Sibéria.

Na Tundra, há apenas duas estações: verão e inverno. O verão é de curta duração (2 a 3 meses), com temperaturas em torno de 10 °C. Nesse curto verão, surgem áreas onde o solo degela apenas superficialmente e a camada inferior permanece congelada (*permafrost*), o que impede a drenagem da água do degelo e leva à formação de poças e lagoas, apesar de a precipitação anual ser muito baixa. No inverno, que se estende pela maior parte do ano (cerca de 10 meses), as camadas superficiais do solo também ficam congeladas.

É um bioma que recebe pouca energia radiante proveniente do Sol e pouca luminosidade. A precipitação é pequena, ocorrendo normalmente sob a forma de neve.

A vegetação é pouco exuberante e se desenvolve, predominantemente, durante os meses de verão e nas áreas onde o solo degela superficialmente. Ao norte, predominam os musgos e liquens, e mais ao sul, onde a temperatura é um pouco mais elevada, são encontrados também pequenos arbustos. Não existem árvores. No inverno, essa vegetação praticamente desaparece, em consequência do frio intenso e da seca fisiológica (fenômeno no qual os solos frios permitem pouca absorção de água, e os solos gelados, nenhuma). Assim, não é a temperatura baixa que diretamente provoca a pobreza da vegetação e, especialmente, a inexistência de árvores: é a disponibilidade de água que impõe limites ao desenvolvimento da vegetação na Tundra.

A fauna é constituída por rena, caribu, boi almiscarado, urso polar, lobo-do-ártico, raposa-do-ártico, lebre-do-ártico, lemingues (pequenos roedores), coruja-das-neves, ptármigas ou ptarmigans (aves do tamanho de um pombo), perdiz branca e poucas espécies de insetos (embora o número de indivíduos por espécie seja grande, notadamente o de dípteros, vulgarmente chamados de moscas e mosquitos).

Fauna típica da Tundra

A vegetação serve de alimento a animais herbívoros, como a rena, o caribu, o boi almiscarado, os lemingues e as lebres-do-ártico. Esses herbívoros, por sua vez, são alimentos de carnívoros, como o lobo-do-ártico, a raposa-do-ártico e a coruja-das-neves.

No inverno, o frio intenso, a escuridão e a escassez de alimento limitam a presença de alguns grupos de seres vivos nessa região. Assim, muitos animais migram para outras regiões em busca de melhores condições de sobrevivência. Grandes mamíferos, como a rena e o caribu, migram para o sul, em direção à Taiga; algumas aves migram para outras regiões. Entretanto, alguns animais, como as ptármigas, a lebre ártica, a raposa-do-ártico, o urso polar e os insetos vivem o ano inteiro nessa região.

Entre as adaptações morfofisiológicas apresentadas pelos animais da Tundra para sobreviverem às condições ambientais do inverno rigoroso, estão as seguintes :

- Presença de pelos longos (ou penas desenvolvidas, no caso das aves), densamente distribuídos, de maneira a reter um "colchão" de ar circundante e termoisolante, o que dificulta a perda de calor para o meio externo.
- Hipoderme (camada de tecido adiposo situada sob a derme) normalmente espessa, constituindo outra barreira térmica que dificulta a perda de calor para o meio externo.
- Extremidades corporais, como orelhas, caudas e patas, menores. Assim, a perda de calor é reduzida, o que auxilia na manutenção da temperatura do corpo. Em regiões quentes, os mamíferos, ao contrário do que ocorre na Tundra, apresentam extremidades maiores, o que ajuda a dissipar o calor para o meio externo com maior facilidade.
- Alguns, como é o caso dos lemingues, evitam os ventos violentos cavando tocas sob a neve, onde se abrigam. Nesses locais, protegidos das baixas temperaturas, consomem as partes subterrâneas dos vegetais ou o suprimento de sementes que armazenaram durante o verão.
- Outros, como é o caso dos insetos, permanecem dormentes no inverno. A maioria dos insetos se encontra, nessa época do ano, na fase de ovo ou de larva.
- Muitos animais são capazes de desenvolver camuflagem, mudando a coloração dos pelos ou das penas, de modo a se confundirem com a coloração do ambiente. Camuflados, os animais têm facilitado o processo de capturar suas presas ou de fugir de seus predadores. Por exemplo: a raposa-do-ártico, a lebre-do-ártico e a perdiz branca possuem no verão uma pelagem (ou plumagem, no caso das aves) acinzentada, que os confunde com a coloração cinza-esverdeada da vegetação formada por musgos e liquens; no inverno, exibem pelos (ou penas) brancos, confundindo-se, assim, com a neve.

Florestas de Coníferas

Localizadas também no Hemisfério Norte, logo ao sul da Tundra, estendem-se por todo o norte da Sibéria e do Canadá. A palavra "Taiga" (de origem russa) é usada para designar as Florestas de Coníferas existentes na Sibéria. A taiga siberiana é a mais vasta floresta do mundo, ocupando uma área de, aproximadamente, 8 milhões de km^2.

Assim como acontece na Tundra, as Florestas de Coníferas apresentam apenas duas estações: verão e inverno. O verão dura de 3 a 6 meses e apresenta dias mais quentes do que os da Tundra, já que o bioma está mais próximo do Equador e recebe mais energia radiante do Sol. Os dias de verão não são tão longos, mas são mais quentes, e o solo degela-se completamente. O inverno é tão rigoroso quanto o da Tundra, porém com menor duração (6 a 9 meses).

A vegetação é constituída, predominantemente, por coníferas, como os pinheiros e abetos. As coníferas são plantas do grupo das gimnospermas. Musgos, liquens e arbustos também aparecem. A vegetação rasteira é escassa, já que chega pouca luz ao solo (a copa das árvores de maior porte impede a penetração do Sol). Na superfície do solo, há um tapete de folhas e ramos mortos, onde se desenvolvem alguns fungos.

As coníferas não perdem as folhas no inverno, permanecendo sempre verdes. Como no inverno o solo congela, as coníferas possuem algumas adaptações que lhes permitem sobreviver nessas condições desfavoráveis de seca fisiológica. Essas adaptações são:

- Folhas aciculares (finas e compridas, à semelhança de agulhas) revestidas por uma camada de cera, que reduz a perda de água durante todo o período em que o solo está gelado e as raízes não podem realizar a absorção. Os ramos curvam-se sob o peso da neve, até que esta, deslizando, se desprenda. Pelo fato de sua vegetação ser formada basicamente por árvores portadoras de folhas aciculares, esse bioma também é conhecido como Floresta Acicufoliada.
- Troncos recobertos por espessa camada de súber (cortiça), que age como isolante térmico, protegendo os tecidos mais internos.

A fauna está representada, principalmente, por alces, cervos, linces, martas, ursos pardos, lobos, raposas vermelhas, lebres americanas, porcos-espinho, esquilos, camundongos, aves e insetos, além dos animais que migram da Tundra.

Fauna típica das Florestas de Coníferas

No inverno, os animais das Florestas de Coníferas encontram condições muito semelhantes às que vimos na Tundra. Os esquilos e ursos dormem por longos períodos, embora não hibernem totalmente. Os insetos hibernam.

OBSERVAÇÃO

Os pássaros insetívoros migram para o sul, e os que se alimentam de sementes voam em busca de lugares onde a produção de cones dos pinheiros foi mais abundante. Lobos, linces e outros permanecem na Floresta de Coníferas, obtendo alimento através de suas atividades predatórias.

Florestas Temperadas Decíduas

São típicas de regiões de clima temperado, com as quatro estações do ano bem definidas, sendo encontradas predominantemente no Hemisfério Norte, ao leste dos Estados Unidos, oeste da Europa e leste da Ásia (Coreia, Japão e partes da China).

A flora apresenta uma grande diversidade de espécies, com uma vegetação predominantemente arbórea, constituída por carvalhos, magnólias, faias, nogueiras, etc. Essas árvores são decíduas (do latim *deciduus*, que cai) ou caducas (do latim *caducus*, que cai), isto é, perdem todas as suas folhas no final do outono, vindo daí o nome Floresta Decídua ou Floresta Caducifoliada. Essa queda das folhas também é uma adaptação que protege a planta da seca fisiológica, já que, uma vez sem as folhas, ela conserva mais a água em seu corpo durante o inverno, período em que a maior parte dessa substância fica imobilizada no solo devido às baixas temperaturas.

Além das árvores de grande porte, aparecem também arbustos, gramíneas e musgos.

Nessas florestas, chegam a existir até quatro estratos (camadas) de vegetação. São eles:

- Uma camada de árvores, geralmente de 8 a 30 metros de altura, que formam uma cobertura vegetal contínua. Esta, evidentemente, é a camada de vegetação que recebe a luz do Sol mais intensamente.
- Uma camada de arbustos, que chega a uma altura aproximada de 5 metros. Os arbustos assemelham-se às árvores, mas se ramificam próximo ou rente ao solo.
- Uma camada de gramíneas e também de pteridófitas (samambaias, por exemplo).
- Uma camada mais rasteira, constituída por briófitas (musgos e hepáticas). Abaixo dessa camada, encontra-se um solo rico em nutrientes, originários principalmente da decomposição das folhas que caem no solo.

A fauna é rica e bastante diversificada. Nas Florestas Decíduas, são encontrados diversos mamíferos (ursos, veados, lobos, javalis, raposas, esquilos, leões-da-montanha, gambás, lebres, ratos silvestres), répteis, anfíbios, inúmeras espécies de aves e insetos (coleópteros, como besouros e joaninhas, são os mais abundantes). No solo, também são encontrados muitos protozoários e helmintos (vermes).

Florestas Pluviais Tropicais

Encontradas na América Central, América do Sul, África, Ásia e Austrália.

Devido ao fato de esses biomas se localizarem na faixa equatorial (baixa latitude), a quantidade de energia radiante do Sol que recebem é elevada durante todo o ano. O índice de precipitação também é alto, com chuvas abundantes e regulares (daí a denominação Florestas Pluviais). As temperaturas médias são altas (21 a 32 °C). Portanto, são biomas que apresentam clima quente e úmido.

Entre os biomas terrestres, essas florestas são as que apresentam a maior variedade florística e faunística.

A vegetação é exuberante, apresentando folhas largas, e por isso essas plantas são ditas latifoliadas (do latim *latus*, largo, amplo, e *folia*, folha); têm grande superfície transpiratória, o que não traz problemas de desidratação, uma vez que a disponibilidade de água no ambiente é abundante. A cerificação observada nas folhas, notadamente na face superior, destina-se à defesa contra o excesso de luz. As folhas das árvores não caem todas de uma só vez, como acontece nas Florestas Temperadas Decíduas e, por isso, essas plantas são também denominadas perenifólias (do latim *perennis*, perpétuo, duradouro). Suas folhas caem gradualmente, sendo logo substituídas por outras.

Assim como nas Florestas Temperadas Decíduas, a vegetação das Florestas Pluviais Tropicais tem uma nítida estratificação vertical. No primeiro estrato, ficam as copas das árvores mais altas (que podem atingir 40 metros ou mais). Debaixo dessa cobertura, vem um outro estrato formado por árvores de menor porte e, em seguida, vem um estrato formado por arbustos, com poucos metros de altura. Sobre os troncos das árvores e arbustos, desenvolvem-se muitos liquens, bromélias e samambaias. É grande o número de parasitas e epífitas. A vegetação rasteira, próxima ao solo, é escassa devido à pequena quantidade de luz que recebe. Alguns cálculos mostram que, em certas Florestas Tropicais, chega ao solo cerca de 500 vezes menos luz que nas copas das árvores mais altas.

Os teores de oxigênio, umidade e temperatura também são diferentes nos diversos estratos dessa vegetação. Por exemplo: as copas das camadas superiores se aquecem muito durante o dia, porém perdem calor rapidamente à noite. Ao contrário, nas camadas mais inferiores, a temperatura varia muito pouco. Assim, apesar de o bioma estar submetido a um clima geral, existem microclimas distintos nos diferentes estratos.

A enorme quantidade de nichos ecológicos presentes nessas florestas permite a existência de uma fauna rica e diversificada, constituída por muitos mamíferos arborícolas (macacos, lêmures, bichos-preguiça), mamíferos terrícolas (cotias, antas, capivaras, veados, onças, tapires), muitas espécies de aves, répteis (cobras, lagartos), anfíbios (sapos, pererecas), insetos (mosquitos, besouros, formigas), etc.

No solo das Florestas Tropicais, bactérias e fungos degradam rapidamente as folhas que caem e outros restos orgânicos. Nesse solo, não chega a ocorrer o acúmulo de nutrientes decorrente da decomposição, como ocorre no solo das Florestas Temperadas. A matéria orgânica que atinge o solo é prontamente degradada, uma vez que altas temperaturas e umidade aceleram os processos de decomposição. Os nutrientes minerais resultantes da decomposição são prontamente absorvidos pela vegetação. Por isso, no solo dessas florestas não há, via de regra, acúmulo de nutrientes minerais.

As árvores têm, em geral, raízes pouco profundas, sendo, por isso, facilmente derrubadas nos desmatamentos. No entanto, o desmatamento leva a um rápido empobrecimento do solo, já que as águas das chuvas lavam os minerais, carregando-os para os cursos de água e lençóis subterrâneos. Por isso, esses solos, normalmente, não se prestam à agricultura. Após o desmatamento, sofrem erosão rápida ou então endurecem, formando crostas espessas, de difícil cultivo.

Campos

Encontrados tanto em regiões tropicais quanto em temperadas, recebem diferentes denominações, conforme as regiões e países em que se desenvolvem. Podem ser classificados em Estepes e Savanas.

Estepes

Campos onde há nítido predomínio das gramíneas, encontrados em regiões cujo clima apresenta períodos de seca. As pradarias da América do Norte e os pampas da Argentina, Uruguai e do Sul do Brasil são exemplos de Estepes.

Nas pradarias americanas, a vegetação, predominantemente constituída por gramíneas, pode variar de meio metro a dois metros de altura. Antílopes americanos, bisões, lobos, coiotes, raposas, roedores, cobras, aves insetívoras, gaviões, corujas e muitos insetos são exemplos de animais encontrados nas pradarias da América do Norte.

Nos Pampas, a vegetação predominante é também constituída por gramíneas, mas estas raramente ultrapassam 50 cm de altura. Tatus, diversas espécies de roedores, carnívoros (guaraxaim, gato-dos-pampas), grande variedade de répteis (cobras e lagartos), aves (quero-quero, seriema, chimango-carrapateiro), insetos, aranhas são exemplos de representantes da fauna dos Pampas.

Fauna típica dos Pampas

Savanas

Formações em que estão presentes arbustos e árvores de pequeno porte, além de gramíneas. Esse tipo de bioma é encontrado na África, na Ásia, na Austrália e nas Américas. As savanas africanas e o campo cerrado (Cerrado) do Brasil são exemplos desse tipo de bioma.

Como exemplos de representantes da fauna das savanas africanas, podemos citar: herbívoros de grande porte (antílopes, zebras, girafas, elefantes, rinocerontes), carnívoros (leões, leopardos), diversas espécies de aves (muitas delas corredoras, como o avestruz), répteis (cobras e lagartos) e muitas espécies de artrópodes (insetos, aracnídeos).

No Cerrado, a fauna é constituída por tatus, veados, grande variedade de roedores (capivara, paca, cutia, preá), carnívoros (onça-parda, cachorro-do-mato, lobo-guará), muitas aves (corujas, gaviões, emas, seriemas), numerosas cobras e muitos insetos.

Desertos

Aparecem na África, Ásia, Austrália, América do Norte e América do Sul. O deserto do Saara, que se estende da costa atlântica da África até a Arábia, é o maior do mundo.

Os Desertos são biomas de baixa pluviosidade e baixa umidade do ar. Durante o dia, as temperaturas são altas (frequentemente ultrapassam os 40 °C) e, não havendo quantidade suficiente de vapor-d'água para fazer a retenção de calor, as noites são, em geral, extremamente frias. Pode haver variações de 30 °C ou mais entre o dia e a noite.

Não é a areia, como muita gente pensa, que caracteriza o Deserto, e sim a sua aridez. No Saara, por exemplo, apenas 30% do território é coberto por areia. A maior parte do Saara e dos outros desertos apresenta uma superfície rochosa ou de barro ressecado. Em todos eles, as chuvas são escassas, o que limita o desenvolvimento da vida vegetal e animal.

A vegetação é pouco abundante e distribuída de forma esparsa. Uma planta no Deserto tem de aproveitar ao máximo a pouca água disponível. Assim, muitas raízes e folhas de certas plantas produzem substâncias que inibem o crescimento de outras nas proximidades.

Gramíneas e plantas arbustivas, como as cactáceas, constituem a vegetação predominante desse bioma. Muitas dessas plantas só conseguem aí sobreviver porque possuem adaptações a um ambiente de seca e, por isso, são denominadas xerófitas. Nas cactáceas, por exemplo, os caules, que são verdes e fazem fotossíntese, armazenam água em um tecido especial, o parênquima aquífero, enquanto as folhas estão modificadas em espinhos, o que diminui a superfície de perda de água através da transpiração. As raízes de muitas plantas dos Desertos são profundas, chegando a atingir lençóis subterrâneos, enquanto outras têm raízes superficiais, capazes de aproveitar rapidamente a água de eventuais chuvas.

Muitas plantas desse bioma desenvolvem-se e completam o ciclo semente-flor-semente apenas durante os breves períodos em que há disponibilidade de água. Nessa época, suas sementes germinam, originando novas plantas, que florescem, produzem novas sementes e morrem. Essas novas sementes só vão germinar em outro período de chuva.

A fauna é constituída por escorpiões, lacraias, insetos, cobras, lagartos, algumas aves e mamíferos (ratos, coiotes, camelos).

Os animais possuem adaptações especiais que lhes permitem viver nas condições ambientais desse bioma. Os mamíferos do Deserto, por exemplo, têm urina e fezes concentradas, ausência ou redução das glândulas sudoríparas, maior utilização da água metabólica e uma tolerância maior à desidratação. O camelo, por exemplo, consegue sobreviver perdendo até 40% da água corpórea, ao contrário da maioria dos mamíferos em que a perda de 10 a 20% da água corpórea leva à morte.

A presença de uma pelagem clara e densa em muitos animais é outra adaptação contra a desidratação: os pelos atuam como uma barreira que retarda o aquecimento do animal. Constatou-se experimentalmente que camelos tosquiados (com pelos em torno de 1 cm de comprimento) desidratam-se mais rapidamente que camelos não tosquiados.

Muitos pequenos mamíferos desse bioma, como o rato-canguru, podem passar a vida inteira sem beber água, obtendo toda a água de que necessitam das plantas que comem.

A maioria dos animais do Deserto também tem hábitos noturnos, isto é, são mais ativos à noite, quando as condições de temperatura são mais amenas.

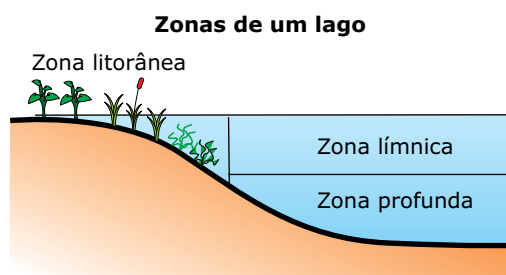
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

Limnociclo

O limnociclo ou biociclo dulcícola compreende ecossistemas de águas lênticas (águas paradas, sem correntezas) e de águas lóticas (águas correntes).

As águas lênticas estão representadas, principalmente, pelos lagos e lagoas. Os lagos são depressões na superfície dos continentes nas quais existe uma extensão considerável de água parada, cercada de terra. O nome lagoa é dado, de um modo geral, às pequenas massas de água, suficientemente rasas para que plantas com raízes cresçam na maior parte do fundo.

Esses ecossistemas podem apresentar três regiões ou zonas: litorânea, límnica e profunda.

Zonas de um lago

A) Zona litorânea – Parte mais periférica do lago e mais ricamente habitada. Aí são encontradas muitas espécies de plantas enraizadas no fundo, plantas flutuantes, plantas totalmente submersas e muitos animais, como moluscos, artrópodes, anfíbios e peixes.

B) Zona límnica – Parte mais central ou interna do lago e que se estende até a profundidade de penetração da luz. É muito rica em plâncton (fitoplâncton e zooplâncton). O plâncton é o conjunto dos organismos aquáticos, flutuantes, na maioria microscópicos, e que podem ser autótrofos ou heterótrofos. O fitoplâncton é formado pelos organismos autótrofos do plâncton, representado por uma infinidade de algas microscópicas fotossintetizantes, como algumas espécies de clorofíceas (algas verdes), cianofíceas (algas azuis), euglenofíceas e diatomáceas. O zooplâncton, por sua vez, é formado pelos seres heterótrofos do plâncton, sendo constituído por protozoários, microcrustáceos e larvas de diversos organismos.

Nesse tipo de bioma, os produtores estão representados por plantas que vivem parcial ou totalmente submersas e, principalmente, pelo fitoplâncton. Os organismos do fitoplâncton são os produtores mais significativos desse ecossistema, enquanto os do zooplâncton atuam como consumidores primários (o zooplâncton alimenta-se do fitoplâncton).

Além da riqueza em seres planctônicos, a zona límnica é também habitada por diversas espécies de peixes que, geralmente, estão presentes na maior parte dos biomas de águas lênticas.

C) Zona profunda – Região do lago em que não há penetração de luz e, consequentemente, não existe vida fotossintetizante. Os principais habitantes dessa região são bactérias e fungos que decompõem os restos orgânicos que descem das águas mais superficiais.

Os maiores biomas lênticos da biosfera são o lago Baikal, localizado na Sibéria (com 1 754 m de profundidade), e o lago Tanganica, na África(com 1 449 m de profundidade).

As águas lóticas compreendem os rios e os riachos, caracterizados pelas correntezas das águas. Nesses ecossistemas, o constante movimento das águas, formando correntes, determina um ambiente rico em oxigênio e em nutrientes vindos de ecossistemas vizinhos, principalmente da vegetação marginal.

Os organismos que vivem nas águas lóticas dependem da velocidade das correntes. Em locais de correntezas rápidas, praticamente não há plâncton. Nesses locais, são encontrados algas e musgos fixados à superfície de pedras. Sob essas pedras vivem alguns animais de corpo extremamente achatado, que se ajusta às reentrâncias estreitas, e com adaptações especiais que os capacitam a se segurarem às pedras. Para esses pequenos organismos, capazes de resistir à rapidez das correntes, há abundância de oxigênio e de nutrientes varridos pelas águas. Nos locais onde as correntezas se tornam mais lentas (águas mais calmas), os rios passam a apresentar características semelhantes aos ecossistemas lênticos.

Talassociclo

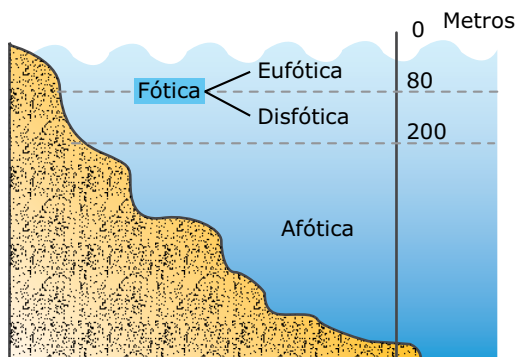
O talassociclo (biociclo marinho) compreende todos os mares e oceanos, sendo o maior dos biociclos. Esses biomas apresentam duas características básicas: continuidade e estabilidade. Continuidade porque cobrem cerca de 75% da superfície terrestre e não possuem barreiras físicas separando-os. Estabilidade porque não secam ou congelam inteiramente; além disso, os fatores climáticos afetam notadamente apenas as águas mais superficiais.

A temperatura das águas mais superficiais varia de acordo com as estações do ano e com a latitude. No entanto, essa variação é menor do que a observada nos ecossistemas terrestres, uma vez que os oceanos retêm maior quantidade de calor, liberando-o mais lentamente que a terra. A temperatura da água tende a diminuir com a profundidade, sendo que nas águas mais profundas permanece mais ou menos constante, em torno de 2,5 °C.

Os sais minerais dissolvidos na água do mar estão em porcentagens e quantidades diferentes das encontradas na água doce. A salinidade dos mares é de cerca de 3,5 g/L (gramas por litro), com predominância do cloreto de sódio ($NaC\ell$). Lembre-se de que os sais minerais dissolvidos na água estão dissociados em íons. Mais de 75% dos íons dissolvidos na água do mar estão representados por $C\ell^-$ e Na^+. Em regiões próximas à costa, a salinidade pode ser menor e mais variável do que a de regiões de mar aberto, em função da influência dos rios e das chuvas.

Quanto à penetração da luz, os ecossistemas marinhos apresentam as seguintes regiões: zona fótica e zona afótica.

A) Zona fótica – Região muito iluminada que se estende até a profundidade máxima de 200 metros. Alguns autores costumam subdividi-la em zona eufótica e zona disfótica. A zona eufótica (muito iluminada) está situada entre a superfície e a profundidade média de 80 metros, enquanto que a disfótica (pouco iluminada) situa-se numa faixa entre 80 e 200 metros de profundidade. Na zona fótica, especialmente na faixa da região eufótica, encontram-se numerosos seres fotossintetizantes, representados principalmente por diversas espécies de algas do fitoplâncton marinho. Esses seres são os principais produtores desse tipo de bioma.

B) Zona afótica – Região escura onde não há mais a penetração da luz. Situa-se abaixo de 200 metros de profundidade. Nessa região, portanto, não são encontrados mais seres fotossintetizantes.

Regiões dos ecossistemas marinhos de acordo com a penetração de luz.

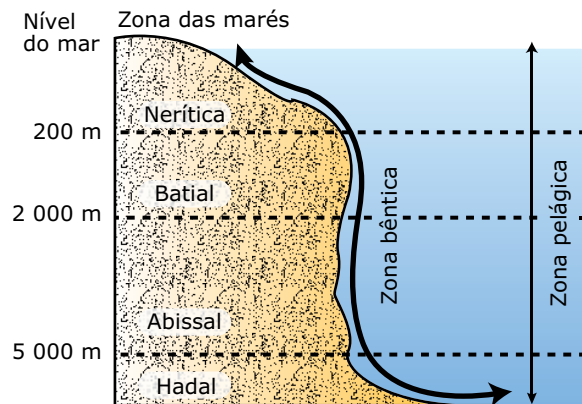
Quanto à profundidade dos oceanos, podem-se distinguir as seguintes regiões ou zonas: intertidal, nerítica, batial, abissal e hadal.

A) Zona intertidal ou das marés – Região sujeita ao avanço e recuo das águas todos os dias, isto é, sofre as flutuações das marés (preamar = maré alta e baixamar = maré baixa), ficando alternadamente exposta ao ar e recoberta pela água. Essa região é também conhecida por ambiente ou sistema litorâneo. É uma região com muita luminosidade, oxigênio e alimento. Além dos animais de vida livre, há grande quantidade de algas e animais fixos às rochas que estão adaptados à alternância de exposição à água e ao ar.

B) Zona nerítica – Corresponde à região situada sobre a plataforma continental. Estende-se desde a linha de marés até, aproximadamente, 200 metros de profundidade. É rica em fitoplâncton, zooplâncton e em peixes que são utilizados na alimentação humana, o que a torna uma região de grande importância econômica.

C) Zona batial ou oceânica – Região que se estende dos 200 até cerca de 2 000 metros de profundidade. Suas águas são frias e pobres em fauna.

D) Zona abissal – Região que se estende dos 2 000 aos 5 000 metros de profundidade. Os seres que aí vivem estão representados por bactérias decompositoras e alguns poucos animais adaptados à vida em regiões escuras e profundas. Entre essas adaptações, podemos citar o corpo achatado e a pressão interna corporal elevada, que constituem uma compensação em relação às grandes pressões externas que agem sobre eles. Quando uma criatura dessas é capturada e trazida à superfície, o seu corpo simplesmente "explode" em virtude da grande pressão exercida de dentro para fora. Os seres que suportam grandes pressões, como os organismos abissais, são classificados como euribáricos, enquanto os que não suportam grandes pressões são chamados de estenobáricos. Os seres aquáticos são predominantemente estenobáricos. Muitos organismos abissais também possuem boca e dentes grandes, bem como estômago dilatável, sendo tais adaptações importantes à escassez de alimento, pois facilitam o aproveitamento deste nas poucas oportunidades em que é encontrado. Muitas espécies abissais realizam o fenômeno da bioluminescência ou fotogênese, isto é, produzem luz. Isso, evidentemente, facilita a vida dessas espécies numa região onde não há penetração da luz. Algumas espécies de animais abissais são cegos, mas a grande maioria enxerga e produz bioluminescência, através de estruturas chamadas de "lanternas". Devido a essa bioluminescência, a seleção natural favoreceu, nesse ambiente, os animais que enxergam.

E) Zona hadal – É a região mais profunda dos oceanos, abaixo de 5 000 metros. Nela, praticamente não existe vida.

Principais regiões do ambiente marinho de acordo com a profundidade.

OBSERVAÇÃO

No ecossistema marinho, as expressões zona bêntica e zona pelágica são utilizadas, respectivamente, para designar o fundo (o solo) e a coluna de água, qualquer que seja a profundidade. Por exemplo: a zona pelágica batial refere-se à massa de água da zona batial.

Quanto à concentração de nutrientes minerais, há uma diferença quando se consideram as regiões próximas da costa e as regiões de alto-mar. Próximo à costa, a concentração desses nutrientes é, em geral, maior, devido, principalmente, ao desaguamento de rios que trazem nutrientes da terra. Em alto-mar, essa concentração geralmente é mais baixa, uma vez que grande parte dos nutrientes encontra-se no fundo. Entretanto, em certos locais, existem as chamadas correntes de ressurgência, movimentos da água de baixo para cima, que trazem os nutrientes do fundo para a superfície, enriquecendo as águas mais superficiais e permitindo, assim, a proliferação de algas fotossintetizantes e, consequentemente, de animais. Nesses locais de ressurgência, há abundância de peixes, como ocorre na costa do Peru e, em menor intensidade, no Brasil, na região de Cabo Frio. Não fosse a existência dessas correntes, a maior parte dos minerais, resultante da atividade de decomposição, permaneceria no fundo dos oceanos, já que elas trazem boa parte desses minerais à superfície iluminada, onde serão utilizados pelos produtores. Com isso, a produtividade primária nessas regiões é elevada, o que torna a região mais fértil e, consequentemente, capaz de suportar a presença de numerosos consumidores.

Quanto à motilidade, os organismos que habitam os oceanos estão distribuídos em três grupos: plâncton, nécton e bênton.

- **Plâncton** – O plâncton (do grego *plankiton*, errante) é constituído por seres flutuantes que são carregados passivamente pelas ondas e correntes. Alguns organismos planctônicos podem até ter movimentos próprios, mas não são capazes de vencer a força das correntes e das ondas e, por isso, acabam sendo carregados. Tal como nos ecossistemas dulcícolas, o plâncton marinho é subdividido em fitoplâncton e zooplâncton. O fitoplâncton é formado pelas algas microscópicas, como as diatomáceas, dinoflagelados e muitas espécies de clorófitas. Essas algas são as grandes produtoras das cadeias alimentares marinhas. Embora microscópicas, seu número é tão grande que a fotossíntese por elas realizada corresponde a cerca de três vezes a fotossíntese realizada pelas plantas terrestres. O zooplâncton, por sua vez, é formado por seres heterótrofos, como protozoários, microcrustáceos e larvas de muitos animais (celenterados, moluscos, equinodermos, peixes). O tamanho dos seres do zooplâncton pode variar desde o microscópico, como um protozoário, até o tamanho macroscópico, como a caravela (colônia de celenterado). O plâncton marinho é também conhecido por haloplâncton, enquanto o de água doce é denominado limnoplâncton.

- **Nécton** – O nécton (do grego *nektos,* apto a nadar) é formado por organismos que se deslocam ativamente na água, inclusive contra a força das ondas e das correntes. Peixes, mamíferos (baleia, golfinho), tartarugas marinhas, certos crustáceos, como os camarões, e certos moluscos, como as lulas, são bons exemplos de seres nectônicos.

- **Bênton** – O bênton (do grego *benthos*, fundo do mar) é constituído por seres que vivem afixados a um substrato (solo, rocha) e também pelos seres que se locomovem arrastando-se no solo marinho. Assim, seres bentônicos podem ser sésseis ou errantes. Os sésseis vivem afixados a um substrato e estão representados por certas algas macroscópicas, pólipos de celenterados, espongiários (poríferos), etc. O bênton errante é formado por seres que se deslocam sobre o fundo (solo marinho), como as estrelas-do-mar, os caranguejos e os caramujos.

Os termos plâncton, nécton e bênton também são empregados para os organismos que vivem nos ecossistemas de água doce.

BIOMAS BRASILEIROS

Em nosso país, os biomas ou formações fitogeográficas mais importantes, pela área que ocupam e pela composição da vegetação característica, são: a Floresta Amazônica, as Florestas Pluviais Costeiras (Mata Atlântica), a Mata de Araucária, os Campos Cerrados, os Campos, a Caatinga, a Mata dos Cocais e o Complexo do Pantanal.

Fonte: Atlas geográfico escolar.

Distribuição original dos biomas brasileiros

Floresta Amazônica (Hileia Amazônica)

Ocupando cerca de 40% do território brasileiro (cerca de 3,5 milhões de km^2), é uma floresta tipicamente pluvial tropical, onde se pode reconhecer a mata dos igapós, a mata das várzeas e a mata de terra firme.

A mata dos igapós, situada próxima aos rios, encontra-se permanentemente alagada, abrigando plantas como a vitória-régia, aguapés, palmeiras diversas e vários tipos de gramíneas.

A mata das várzeas, situada entre a mata dos igapós e a da terra firme, é inundada apenas durante as épocas de cheias dos rios e abriga plantas como a seringueira (cujo tronco pode chegar a até 3 m de diâmetro na base e cuja altura pode chegar a 50 m), o cacaueiro e palmeiras diversas.

A mata de terra firme, situada nos terrenos altos e nunca inundada, abriga vegetais como a castanheira (castanha-do-pará), o guaraná, o pau-rosa, cipós e muitas epífitas.

As precipitações são bem distribuídas no decorrer do ano (superiores a 1 800 mm/ano) e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 25 a 28 °C. A temperatura apresenta pequena variação entre o dia e a noite.

Trata-se de um ecossistema de grande complexidade, no estágio clímax, e com um grande número de nichos ecológicos. Apesar de se falar de um clima geral, existem muitos microclimas devido à estratificação da vegetação. Assim, se partimos das copas mais altas em direção ao chão, a ventilação, a luminosidade, a umidade do ar e a temperatura sofrem variações.

A Floresta Amazônica tem grandes árvores, de folhas largas (latifoliadas) que não caem no inverno (perenifólias). De um modo geral, pode-se dizer que a vegetação dessa floresta é higrófita, isto é, formada por plantas adaptadas a viver em locais com muita umidade. Não se deve confundir higrófita com hidrófita (planta que se desenvolve dentro da água, como a vitória-régia).

Ao contrário do que se pensou durante muito tempo, o solo da Floresta Amazônica não é rico em nutrientes minerais. De fato, a maior parte do solo é pobre nesse tipo de nutrientes, devido à rápida decomposição e ao reaproveitamento da matéria orgânica que cai no solo. O grande número de raízes existente nesse solo absorve rapidamente os nutrientes originários da decomposição, que então passam para o corpo da planta. Assim, quase todos os nutrientes minerais estão nas partes do vegetal e não no solo. A densa cobertura vegetal contribui para amenizar a queda das gotas de chuva, diminuindo seu efeito erosivo e, consequentemente, o carreamento dos minerais. É por isso que o desmatamento da Floresta Amazônica pode levar ao empobrecimento do solo, tornando-o inadequado para a agricultura.

Sua fauna também é bastante exuberante e diversificada. Entre os mamíferos, temos a anta, a onça-pintada, macacos, tamanduás, preguiças, tatus, gambás. Aves diversas, répteis e insetos também são abundantes nessa fauna.

Mata Atlântica

Estende-se, originalmente, ao longo da costa, desde o Rio Grande do Norte até quase o extremo sul do país, acompanhando a cadeia de montanhas de nosso litoral (Serra do Mar). Corresponde a,aproximadamente, 6% do território nacional, embora nas últimas décadas tenha sido muito devastada com a ocupação e introdução de áreas de agricultura.

É também uma Floresta Pluvial Tropical típica, classificada por alguns como Floresta Pluvial Costeira, semelhante à Floresta Amazônica em muitas de suas características. A diferença mais expressiva entre elas está na topografia do terreno que ocupam: a Floresta Amazônica situa-se em ampla planície, enquanto a Mata Atlântica é mais íngreme e ocorre em regiões montanhosas.

A cadeia de montanhas da Serra do Mar atua como uma barreira aos ventos úmidos que sopram do mar. Estes, ao atingirem as montanhas, sobem e sofrem resfriamento, havendo condensação de vapor-d'água, que se precipita em forma de chuva. Assim, tem-se uma região úmida o suficiente para suportar essa densa mata.

A vegetação lembra a da Floresta Amazônica, embora menos exuberante, sendo constituída, predominantemente, por higrófitas. Também possui árvores de grande porte (não tão altas quanto as da Amazônia) ligadas por lianas (cipós) e com grande número de epífitas. Entre as árvores, as espécies mais representativas são: a canela, o jequitibá, o pau-brasil, o jacarandá, a peroba, o ipê, a quaresmeira e diversas palmeiras, muitas delas, inclusive, exploradas para a extração do palmito. Inúmeras espécies de samambaias, musgos e avencas também são encontradas.

A fauna também é semelhante à amazônica. Aí encontramos macacos, preguiças, onças, jaguatiricas, cachorros-do-mato, porcos-do-mato, papagaios, araras, tucanos, cobras, lagartos, insetos, etc.

Entre os ecossistemas brasileiros, a Mata Atlântica é um dos mais devastados. De fato, dos 350 000 km^2 de área que possuía à época do Descobrimento, restam apenas 10 000 km^2, ou seja, 5% da área inicial. Com essa devastação, suas espécies vegetais e animais vivem ameaçadas de extinção.

Floresta ou Mata de Araucárias

Localizada no Sul de nosso país, estende-se pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo também conhecida por Mata dos Pinhais ou Zona dos Pinhais. O clima da região é subtropical, com chuvas regulares e estações relativamente bem-definidas, em que o inverno é normalmente frio, com geadas frequentes, e o verão, razoavelmente quente. As copas das árvores formam uma camada contínua, como ocorre na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica. Por serem mais abertas, são menos úmidas do que as Florestas Pluviais Tropicais.

A vegetação é formada predominantemente pelo pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), que pode atingir até 30 metros de altura e 1,5 m de diâmetro. Como é uma heliófita (planta de Sol), os ramos mais baixos da araucária, que ficam na sombra, são eliminados, permanecendo as ramificações apenas no topo de seus troncos, o que lhes confere um aspecto de guarda-sol.

Além das araucárias, aí também aparecem pinheiros do gênero *Padocapus* (utilizado na fabricação de lápis), samambaias, erva-mate (planta utilizada para fazer infusões) e gramíneas. Assim, distinguimos três estratos de vegetação bem definidos: o arbóreo, constituído pelos pinheiros, o arbustivo, constituído por samambaias arborescentes, e o herbáceo, constituído pelas gramíneas.

Alguns autores classificam a Mata de Araucárias como uma Floresta Temperada Indecídua, uma vez que as plantas dominantes (pinheiros-do-paraná) não perdem suas folhas durante o inverno.

Atualmente, a Mata de Araucárias é um ecossistema praticamente extinto. Em virtude da exploração do pinheiro-do-paraná pelas companhias madeireiras, existem hoje apenas 200 000 hectares dessa floresta, que se estendia, na primeira metade do século XX, por cerca de 4 milhões de hectares.

Campos Cerrados

Ocupam, aproximadamente, 25% do território brasileiro, ocorrendo principalmente na região Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Maranhão e Piauí.

O clima na região é quente (média anual de 26 °C) com duas estações: uma seca, bem pronunciada, que pode perdurar de 5 a 7 meses, na qual os rios não secam, porém tem sua vazão diminuída, e outra chuvosa, abrangendo os meses de verão. O solo é arenítico, geralmente muito profundo, e sua grande permeabilidade permite a infiltração fácil da água que, ao encontrar rocha impermeável, forma um lençol subterrâneo. As camadas de terra adjacentes a esse lençol são também úmidas, de maneira que a seca de inverno atinge somente as camadas mais superficiais. É também um solo ácido, pobre em nutrientes minerais e com alta taxa de alumínio, substância muito tóxica para a vegetação.

O Cerrado é um tipo de Savana. Sua vegetação é composta de pequenas árvores esparsas, arbustos e gramíneas. Entre as plantas típicas desse bioma, podemos citar a lixeira, o pau-terra, a sucupira, a peroba-do-campo, o pequi, a copaíba, o angico, a caviúna, o barbatimão e gramíneas, como o capim-flecha e a barba-de-bode. Essa vegetação apresenta algumas características xeromórficas, isto é, de xerófitas, tais como caules tortuosos com casca grossa e folhas espessas com superfície muitas vezes brilhante. Por causa disso, acreditava-se antigamente que o fator limitante nessa região era a água. Por outro lado, no Cerrado existem também plantas com características típicas de lugares úmidos: folhas largas, produção de flores e brotos em plena estação da seca. Isso desencadeou uma série de estudos sobre esse bioma que demonstraram que, na realidade, a água não é o fator limitante do Cerrado. Descobriu-se que o solo, mesmo na estação seca, contém um teor apreciável de umidade, a partir dos 2 metros de profundidade, e que as raízes de muitas plantas aprofundam-se nesse solo até atingir o lençol-d'água subterrâneo, retirando dele a água necessária para sua sobrevivência. Conseguiu-se entender, então, por que, ao lado das características xeromórficas de algumas plantas, havia outras típicas de ambientes ricos em água.

Atualmente, explica-se o aspecto xeromórfico de muitas plantas do Cerrado em função da escassez de nutrientes do solo e não da falta de água. É, portanto, um pseudoxeromorfismo (falso xeromorfismo). A deficiência de nutrientes no solo dificulta muito a síntese de proteínas, e o excesso de carboidratos produzidos pelas plantas acaba se acumulando em estruturas que lhes dão aspectos xeromórficos: súber espesso, cutículas grossas, muito esclerênquima. Fala-se, então, que essa vegetação do Cerrado possui um escleromorfismo oligotrófico, ou seja, as plantas apresentam endurecimento das estruturas devido à falta de nutrientes em níveis adequados. Ao que tudo indica, a quantidade elevada de alumínio no solo do Cerrado também agrava o escleromorfismo oligotrófico da vegetação.

As queimadas ocorrem naturalmente, com certa frequência. Entretanto, muitas plantas típicas desse bioma possuem uma resistência maior à ação do fogo, sendo capazes de refazer em poucas semanas a vegetação verde, substituindo o tom cinza deixado pela queimada. Essa resistência deve-se a certas adaptações que essas plantas possuem. Entre elas, destacamos:

I. A espessa camada externa de cortiça nos caules que, funcionando como um isolante térmico, protege as gemas, de onde originam-se novos ramos, após cessar o fogo.

II. Muitas plantas possuem raízes que crescem lateralmente próximas à superfície do solo e, como a ação do fogo na superfície é pouco sentida sob o solo, essas raízes permanecem vivas.

III. Algumas plantas possuem xilopódios, caules subterrâneos especiais, de cujas gemas brotam novos ramos após cessar o fogo.

Segundo especialistas, o solo do Cerrado pode ser utilizado para a agricultura intensiva, desde que seu pH seja corrigido pela adição de calcário (calagem) e que se faça uso de fertilizantes adequados.

BIOLOGIA

Entre os mamíferos da região, consumidores de primeira ordem, destacam-se os veados e uma grande variedade de roedores (capivara, paca, cutia, preá). Consumidores de segunda ordem são a onça-parda, o cachorro-do-mato e o lobo-guará, que é o maior dos canídeos brasileiros. Os restos deixados pelos predadores são consumidos por aves de rapina, entre as quais destaca-se o gavião. Outros predadores, além dos mamíferos, são as numerosas cobras e as corujas. Aves corredoras, como emas e seriemas, vivem também nesse bioma. Nas áreas nuas, formigueiros e cupins formam elevações.

Campos

Ocupam boa parte do Rio Grande do Sul, onde são conhecidos como Pampas e representam uma área de grande importância econômica para a agricultura e a pecuária da região.

São formações de campos limpos, com uma distribuição regular de chuvas, apresentando verão quente e inverno muito frio.

A vegetação é formada, predominantemente, por gramíneas. A ocorrência de árvores e arbustos é rara, embora algumas árvores possam ser encontradas esparsamente distribuídas, como a unha-de-gato, o pau-de-leite e a sombra-de-touro.

A fauna apresenta alguns animais típicos: roedores, raposa-do-campo, gato-do-pampa e guaraxaim.

Embora sejam bastante utilizados como terras de cultivo, os Campos prestam-se muito à pastagem, permitindo a existência de uma pecuária desenvolvida.

Caatinga

A Caatinga (do tupi, mata branca) localiza-se no Nordeste de nosso país e ocupa cerca de 11% da superfície do território brasileiro.

Apresenta clima semiárido, com chuvas escassas e irregulares e temperatura média elevada. A estação seca é superior a sete meses por ano. Os rios, em sua maioria, secam no verão. Essa escassez de água constitui um grande fator limitante da vida animal e vegetal na região.

A vegetação é formada por xerófitas, isto é, por plantas adaptadas ao clima seco. Tais adaptações seriam a transformação de folhas em espinhos em algumas espécies, a presença de folhas cerificadas, o rápido mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, raízes profundas e portadoras de parênquima aquífero, que procuram alcançar os lençóis de água subterrâneos, entre outras. Está representada por cactáceas, arbustos e pequenas árvores. Entre as cactáceas, destacam-se o mandacaru, o xique-xique, a coroa-de-frade e o facheiro. Os arbustos normalmente possuem espinhos e perdem as folhas na época mais quente do ano. Por sua vez, algumas plantas se caracterizam por terem folhas apenas nos três ou quatro meses de inverno, que é a estação das chuvas. No resto do tempo, elas ficam sem folhas, e o aspecto da vegetação se torna mais claro, vindo daí o nome “mata branca”. A queda das folhas na estação seca representa também um modo de reduzir a área exposta à transpiração. Perder as folhas em certas épocas do ano caracteriza a vegetação caducifólia. Entre as árvores, encontramos o juazeiro, a barriguda, a aroeira, o umbu, a braúna e a maniçoba.

Entre os representantes da fauna, estão veados, guará, guaxinim, tatus e tamanduás (que se alimentam de formigas e cupins), diversas espécies de cobras e aves de rapina.

Alguns autores classificam a Caatinga como uma Floresta Tropical Caducifólia.

Mata dos Cocais (Zona dos Cocais)

Ocupando grande parte dos estados do Maranhão e do Piauí, atingindo também o Rio Grande do Norte, a Mata dos Cocais é uma formação fitogeográfica exclusivamente brasileira. Constitui uma zona de transição entre a Floresta Amazônica e a Caatinga.

A vegetação é formada, predominantemente, por palmeiras, como o babaçu, a carnaúba e o buriti. Os babaçuais são matas densas, com árvores de 10 a 15 metros, que produzem pequenos cocos de onde se extraem óleos; os carnaubais apresentam vegetação espaçada com árvores de até 20 metros. Das sementes da carnaúba, extraem-se óleos comumente utilizados na fabricação de margarinas; das folhas dessa palmeira obtêm-se ceras empregadas em cremes de polir; sua madeira é usada em construção e a palha serve para fabricar cestos, tapetes e outros objetos, além de ser utilizada na cobertura de casas.

Pantanal Mato-Grossense (Complexo do Pantanal)

Localizado no oeste dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, o Complexo do Pantanal é uma região plana, onde os rios da bacia do Rio Paraguai extravasam suas águas nos meses de cheia, inundando extensas áreas. Mesmo nos meses mais secos, muitas regiões ainda permanecem alagadas, dando origem a pequenas lagoas intermeadas por terra firme.

A vegetação é heterogênea, extremamente diversificada, com aspectos de Cerrado, Campos e Floresta, justificando a sua designação: Complexo do Pantanal. Nas regiões baixas e alagadas, encontramos plantas aquáticas, como aguapés e vitória-régia. Nas margens das lagoas e dos rios, existe uma rica vegetação de brejo; nas áreas mais secas, a vegetação apresenta características do Cerrado. Existem ainda Florestas, com predomínio de figueiras, embaúbas, palmeiras e aroeiras.

Existe uma ampla fauna aquática, constituída de moluscos, crustáceos e diversas espécies de peixes (dourado, pacu, jaú, pintado, surubim, piau, piranhas, etc.), que garante a existência de uma variadíssima comunidade de aves, entre as quais se destacam garças, tuiuiús, saracuras, urubus-rei, emas, seriemas e muitas outras. Existem mais de 230 espécies de aves, sendo a maioria pernalta.

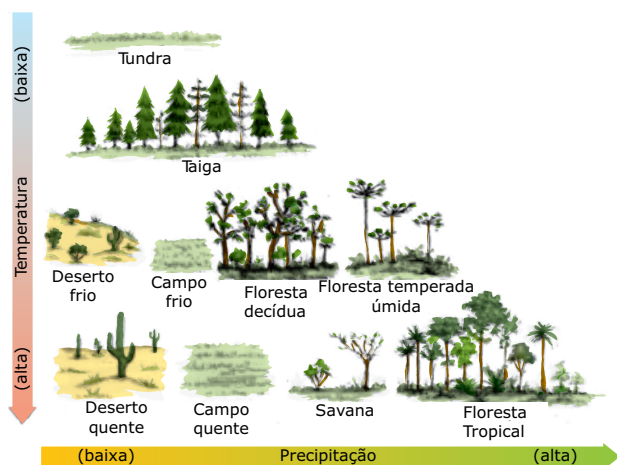
Existem grandes répteis nesse bioma, entre eles duas espécies de jacarés: o jacaretinga e o jacaré-do-pantanal, que se alimentam de peixes. Das cobras, a espécie mais impressionante é a sucuri, cobra não venenosa que pode atingir até 10 metros de comprimento. Mamíferos de destaque são as capivaras (roedores que podem atingir até 70 kg), onças-pardas e pintadas, ariranhas, tamanduás-bandeira, porcos-do-mato (queixada, cateto), várias espécies de macacos e diferentes tipos de veados, entre os quais se destaca o cervo-do-pantanal.

Manguezais

Os Mangues, Manguezais ou Florestas de Mangue localizam-se às margens dos oceanos, geralmente em estuários (locais onde os rios se encontram com o mar). Possuem um solo lodoso, mal-arejado, salino, periodicamente inundado por água salobra (uma mistura das águas de um rio com as águas salgadas), o qual limita o número de espécies de plantas. A vegetação predominante é arbórea, formada por halófitas (plantas adaptadas à sobrevivência em ambientes com alta salinidade). Algumas dessas plantas, como a *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), possuem raízes-escora que ajudam na fixação no solo lodoso; outras, como a *Avicennia tomentosa* (mangue-preto), possuem pneumatóforos (raízes respiratórias) que captam oxigênio do ar, para compensar o baixo teor de O_2 do solo.

Além de amortecer os impactos das marés e reter sedimentos trazidos pelos rios, evitando o assoreamento das praias, os Manguezais são locais para a reprodução de um grande número de animais marinhos (caranguejos, camarões, ostras e várias espécies de peixes). Os peixes, normalmente, ao completarem seu desenvolvimento, abandonam o Mangue, mas algumas espécies de caranguejo e as ostras permanecem nele a vida toda. Além de serem "berçários" (área de procriação) de várias espécies, os Manguezais também contribuem para a comunidade marinha costeira, fornecendo grande parte dos nutrientes de que ela necessita. Aves, como garças, gaivotas, flamingos e até alguns mamíferos, como o guaxinim, têm no Mangue uma importante fonte de alimento.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Unimontes-MG) A figura a seguir representa os principais biomas terrestres em relação à temperatura e à precipitação.

AMABIS, 1999.

Sabendo-se que a biodiversidade é limitada pelas características típicas dos biomas, assinale a alternativa que apresenta a associação **INCORRETA** entre bioma e vegetação característica.

A) Savana – plantas caducifólias e pouca chuva.

B) Taiga – gimnospermas e pouca chuva.

C) Campos – herbáceas, com períodos de seca.

D) Florestas Tropicais – plantas perenifólias e muita chuva.

02. (OSEC-SP) Um determinado bioma terrestre está representado por uma série de características descritas a seguir: situa-se na Europa e na América do Norte, nas regiões de clima temperado, onde as quatro estações do ano são bem características. As árvores que aí vivem mostram poda natural no outono, voltando suas folhas na primavera. Essa poda facilita sua vida durante o período do inverno. Aí vivem musgos, ervas, arbustos, carvalhos, etc., ao lado de certos animais como insetos, muitas aves, esquilos, veados, javalis, raposas, doninhas, etc.

A alternativa que indica o nome desse bioma é

A) Taiga.

B) Floresta Temperada.

C) Tundra.

D) Floresta Tropical.

E) Campos.

03. (PUC Minas) Relacione a primeira coluna com a segunda:

1. Campo
2. Savana
3. Tundra
4. Floresta
5. Deserto

( ) Bioma circumpolar, cuja vegetação é constituída basicamente por liquens. Plantas herbáceas crescem e frutificam rapidamente no verão.

( ) Possui vários estratos vegetais. Sua composição varia de acordo com a altitude e com o índice pluviométrico. As árvores podem atingir mais de 35 metros.

( ) Encontra-se em todo o mundo. O tipo de vegetação predominante são as plantas herbáceas e de pequeno porte.

( ) Vegetação que se encontra muito espalhada, com áreas nuas entre as regiões de vegetação. As plantas suculentas armazenam água e seu sistema radicular é muito espalhado.

( ) Possui árvores dispersas. O índice pluviométrico varia entre 1 000 e 1 500 mm anuais. Existência de estação seca prolongada.

Assinale a alternativa que contém a relação **CORRETA** encontrada.

A) 3, 4, 1, 5, 2

B) 2, 5, 3, 4, 1

C) 1, 3, 2, 5, 4

D) 2, 4, 1, 3, 5

E) 3, 1, 2, 4, 5

04. (VUNESP) Assinale a alternativa que representa, em ordem crescente, os ecossistemas com maior diversidade de vida.

A) Floresta Tropical Pluvial, Tundra, Taiga, Floresta Temperada Caducifólia.
B) Tundra, Taiga, Floresta Tropical Pluvial, Floresta Temperada Caducifólia.
C) Taiga, Tundra, Floresta Tropical Pluvial, Floresta Temperada Caducifólia.
D) Taiga, Floresta Temperada Caducifólia, Tundra, Floresta Tropical Pluvial.
E) Tundra, Taiga, Floresta Temperada Caducifólia, Floresta Tropical Pluvial.

05. (UFMG) A qual das regiões fitogeográficas brasileiras se referem as características:

- Presença de duas estações: uma seca e uma chuvosa.
- Solo muito permeável, com baixo teor de nutrientes e baixo pH.
- Presença de lençóis de água a grande profundidade.
- Vegetação constituída por gramíneas e plantas de pequeno porte, com galhos retorcidos, casca espessa e folhas coriáceas.

A) Caatinga
B) Cerrado
C) Pantanal
D) Campina
E) Mata Atlântica

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) As coníferas são mais comuns em

A) Pradaria.
B) Taiga.
C) Deserto.
D) Floresta Tropical.
E) Floresta Temperada.

02. (PUC-SP) "As plantas mais abundantes são árvores. Altas, só se ramificam perto do topo, de modo que a fronde é elevada e densa. As folhas das árvores são igualmente amplas, espessas e de cor verde-escura com superfícies ventrais brilhantes. As raízes são superficiais e os troncos costumam ser encorpados perto da base, de modo que fornecem fixação ampla e firme. Há numerosas trepadeiras lenhosas, cipós dependurados das árvores como cabos e epífitas."

O texto anterior descreve o seguinte bioma:

A) Savana Tropical
B) Floresta Tropical
C) Cerrado
D) Caatinga
E) Tundra

03. (UFC–2006) A importância dos Manguezais, como ecossistemas relacionados à produtividade marinha, deve-se

A) à alta diversidade de fanerógamas, principalmente de espécies com estrutura radicular complexa, que permite a estabilização dos solos costeiros.
B) à baixa oxigenação do substrato e à predominância de bactérias anaeróbicas, responsáveis por processos de liberação de nutrientes.
C) às complexas interações entre algas e fungos, permitindo a ocupação de solos inundados e a decomposição da matéria orgânica presente.
D) à utilização da matéria orgânica por anelídeos, moluscos bivalves e crustáceos, que atuam como decompositores.
E) à grande diversidade de organismos epifíticos, responsáveis pela alta produção de matéria orgânica.

04. (PUCPR) Os animais e vegetais apresentam, geralmente, adaptações morfofisiológicas, a fim de sobreviverem num determinado biociclo terrestre (Epinociclo).

Analise as características a seguir enunciadas:

- Dos vegetais: redução da superfície foliar, estômatos com ação mais rápida e capacidade de armazenamento de água.
- Dos animais: formação de urina e fezes concentradas, escassez ou ausência de glândulas sudoríparas e capacidade de utilização de água metabólica.

As adaptações anteriormente descritas são características dos vegetais e animais que habitam

A) as Florestas Temperadas Decíduas.
B) a Taiga.
C) as Florestas Tropicais.
D) os Desertos.
E) as Tundras.

05. (FUVEST-SP)

I. As Florestas Tropicais possuem maior diversidade biológica que as Temperadas.
II. As Florestas Tropicais possuem maior diversidade vegetal e menor diversidade animal que as Savanas.
III. As Florestas Temperadas possuem maior biomassa que a Tundra.
IV. As Savanas possuem maior biomassa que as Florestas Tropicais.

Está **CORRETO** apenas o que se afirma em

A) I e II.
B) I e III.
C) I e IV.
D) II e III.
E) III e IV.

06. (UFSCar-SP) Bioma caracterizado pelo frio constante em que poucas espécies sobrevivem, como musgos, liquens e capins surgidos num rápido verão, onde chegam, de outras regiões, aves migratórias, renas, insetos e roedores que saem da hibernação. Temos nesse trecho uma caracterização de

A) Pampas da Argentina.
B) Taiga.
C) Estepes da Rússia.
D) Pradarias dos EUA.
E) Tundra.

07. (UEL-PR–2009) Sobre os biomas brasileiros, assinale o que for **CORRETO**.

01. Os Manguezais podem penetrar vários quilômetros no continente, seguindo o curso de rios, cujas águas se misturam com o mar durante as marés cheias.
02. O Pantanal Mato-Grossense ou Complexo do Pantanal é uma vasta planície inundável que abriga uma das mais ricas reservas de vida selvagem do mundo.
04. O estrato ou andar superior das Florestas Amazônica, Atlântica e de Araucária é composto de mesmas espécies de árvores.
08. O Cerrado – situado, por exemplo, em Minas Gerais – é um tipo de Savana, geralmente com árvores e troncos retorcidos.
16. A vegetação da Caatinga é formada por plantas com marcante adaptação ao clima seco, como aquelas cujas folhas se transformaram em espinhos.

Soma (   )

08. (UFSM-RS) Assinale a alternativa **CORRETA** quanto aos ecossistemas aquáticos.

A) O plâncton é constituído por organismos que flutuam na superfície da água.
B) Os produtores aquáticos geralmente possuem uma biomassa maior que a dos consumidores.
C) O nécton é formado por organismos que vivem no fundo-d'água.
D) Tanto o fitoplâncton como o zooplâncton são capazes de realizar fotossíntese.
E) O bênton é constituído por organismos que nadam ativamente no meio da coluna-d'água.

09. (Cesgranrio) Uma pequena lagoa de água doce exemplifica um ecossistema. Sobre os componentes desse ecossistema foram feitas as seguintes afirmativas:

I. Neste ecossistema, cada ser vivo é independente dos outros. Todas as espécies existentes são capazes de garantir seus meios de sobrevivência sem depender dos componentes do sistema.
II. Nas cadeias alimentares existentes neste ecossistema, os produtores devem estar situados nas regiões mais profundas e sombrias para protegerem-se dos animais herbívoros.
III. O Sol é a fonte de energia para todo o ecossistema e a energia solar é transformada, diretamente, em energia química pelos seres autotróficos.

Assinale,

A) se somente I for correta.
B) se somente II for correta.
C) se somente III for correta.
D) se somente II e III forem corretas.
E) se I, II e III forem corretas.

10. (UFMS–2010) O Cerrado, que é o segundo maior bioma brasileiro, ocupa aproximadamente 2 milhões de hectares e apresenta grande biodiversidade, devido principalmente à influência de outros biomas com os quais mantém contato (Floresta Amazônica, Floresta Atlântica, Caatinga, Matas Secas e Pantanal). Entretanto, o Cerrado vem sofrendo com grandes desmatamentos desde a década de 70, uma vez que não é protegido por lei, e sua área plana fez com que fosse considerado o local ideal para o desenvolvimento de grandes culturas e pastagens. Assim, o Cerrado sempre foi visto como uma fronteira agropastoril, onde, através da correção do solo ácido, tudo se produz.

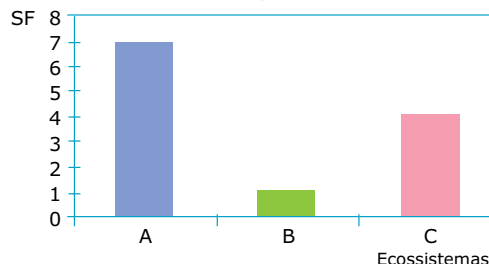
Com relação ao aspecto geral da vegetação do Cerrado, é **CORRETO** afirmar:

01. Apresenta árvores altas, de tronco retilíneo e com casca lisa.
02. Apresenta árvores baixas, com tronco retorcido e casca grossa como proteção ao fogo.
04. As folhas são grandes e membranáceas, para realizar maior quantidade de fotossíntese.
08. As raízes são superficiais para facilitar a sua fixação.
16. As folhas são pequenas e coriáceas, para evitar a transpiração excessiva.
32. As raízes são profundas para facilitar a absorção de água.

Soma (   )

11. (PUC Minas) O talassociclo compreende os ecossistemas de água salgada. Nesses ecossistemas, a fotossíntese ocorre com **MAIOR** eficiência na zona

A) afótica.
B) disfótica.
C) eufótica.
D) batial.
E) abissal.

12. (UFRJ) A soma da área superficial de todas as folhas encontradas em 1 m^2 de terreno é denominada SF. O gráfico a seguir apresenta a SF de 3 ecossistemas distintos (A, B e C). Nesses três ambientes, a disponibilidade de luz não é um fator limitante para a fotossíntese.

IDENTIFIQUE qual dos três ecossistemas corresponde a um Deserto, explicando a relação entre a SF e as características ambientais deste ecossistema.

13. (UFPB) Os Manguezais brasileiros estão presentes desde a costa do Amapá até Santa Catarina, tanto na região litorânea quanto dentro dos estuários. Representam um ecossistema de transição entre os meios aquático e terrestre. O Manguezal é periodicamente inundado pela água salobra. A vegetação predominante é arbórea, sendo constituída por poucas espécies extremamente adaptadas ao meio. De acordo com o exposto, **EXPLIQUE**

A) uma adaptação da vegetação do Manguezal a este ambiente.
B) a importância do Manguezal para a vida marinha.

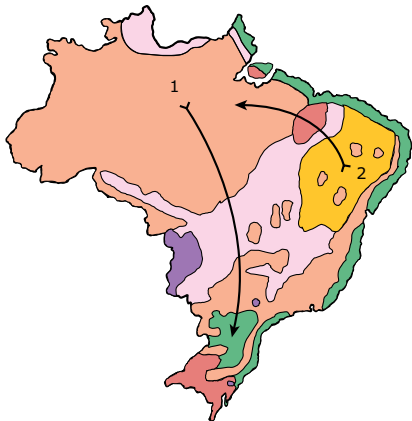
SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2008) As Florestas Tropicais estão entre os maiores, mais diversos e complexos biomas do planeta. Novos estudos sugerem que elas sejam potentes reguladores do clima, ao provocarem um fluxo de umidade para o interior dos continentes, fazendo com que essas áreas de floresta não sofram variações extremas de temperatura e tenham umidade suficiente pra promover a vida. Um fluxo puramente físico de umidade do oceano para o continente, em locais onde não há florestas, alcança poucas centenas de quilômetros. Verifica-se, porém, que as chuvas sobre as florestas nativas não dependem da proximidade do oceano. Esta evidência aponta para a existência de uma poderosa "bomba biótica de umidade" em lugares como, por exemplo, a Bacia Amazônica. Devido à grande e densa área de folhas, as quais são evaporadores otimizados, essa "bomba" consegue devolver rapidamente a água para o ar, mantendo ciclos de evaporação e condensação que fazem a umidade chegar a milhares de quilômetros no interior do continente.

NOBRE, A. D. *Almanaque Brasil socioambiental.* Instituto Socioambiental, 2008, p. 368-369 (Adaptação).

As florestas crescem onde chove, ou chove onde crescem as florestas? De acordo com o texto,

A) onde chove, há floresta.
B) onde a floresta cresce, chove.
C) onde há oceano, há floresta.
D) apesar da chuva, a floresta cresce.
E) no interior do continente, só chove onde há floresta.

02. (Enem–2010)

Dois pesquisadores percorreram os trajetos marcados no mapa. A tarefa deles foi analisar os ecossistemas e, encontrando problemas, relatar e propor medidas de recuperação. A seguir, são reproduzidos trechos aleatórios extraídos dos relatórios desses dois pesquisadores.

Trechos aleatórios extraídos do relatório do pesquisador P1:

I. "Por causa da diminuição drástica das espécies vegetais deste ecossistema, como os pinheiros, a gralha azul também está em processo de extinção."
II. "As árvores de troncos tortuosos e cascas grossas que predominam nesse ecossistema estão sendo utilizadas em carvoarias."

Trechos aleatórios extraídos do relatório do pesquisador P2:

III. "Das palmeiras que predominam nesta região podem ser extraídas substâncias importantes para a economia regional."
IV. "Apesar da aridez desta região, em que encontramos muitas plantas espinhosas, não se pode desprezar a sua biodiversidade."

Disponível em: http://educação.uol.com.br/ciencias/ult1686u52.jhtm.Acesso em: 20 abr. 2010 (Adaptação).

Os trechos I, II, III e IV referem-se, pela ordem, aos seguintes ecossistemas:

A) Caatinga, Cerrado, Zona dos Cocais e Floresta Amazônica.
B) Mata de Araucárias, Cerrado, Zona dos Cocais e Caatinga.
C) Manguezais, Zona dos Cocais, Cerrado e Mata Atlântica.
D) Floresta Amazônica, Cerrado, Mata Atlântica e Pampas.
E) Mata Atlântica, Cerrado, Zona dos Cocais e Pantanal.

GABARITO

Fixação

01. A 02. B 03. A 04. E 05. B

Propostos

01. B
02. B
03. B
04. D
05. B
06. E
07. Soma = 27
08. A
09. C
10. Soma = 50
11. C
12. O ecossistema B. Uma menor SF diminui a perda de água por evaporação / transpiração, condição importante para a sobrevivência da planta em um ambiente onde há pouca disponibilidade de água.
13. A) Presença de pneumatóforos ou raízes respiratórias, que crescem para cima e coletam o O_2 da atmosfera; presença de raízes-escora ou suporte, que ajudam a fixação da planta no solo lodoso.
    B) Muitas espécies de animais marinhos utilizam os Manguezais para sua reprodução. Além disso, eles fornecem nutrientes para a comunidade marinha costeira.

Seção Enem

01. B 02. B

BIOLOGIA

MÓDULO 22 FRENTE C

Sucessão ecológica

Denomina-se sucessão ecológica o processo natural através do qual uma comunidade muda gradualmente com o decorrer do tempo, até atingir uma situação de maior estabilidade denominada clímax.

Alguns autores costumam classificar as sucessões ecológicas em primárias e secundárias.

- **Sucessão primária** – Ocorre numa área anteriormente sem vida. Representa a ocupação por seres vivos de uma área ou superfície até então nua. É o que acontece, por exemplo, quando há o aparecimento de espécies vegetais numa região cujas condições não são inicialmente favoráveis, como dunas de areia, rochas nuas ou derrame de lavas vulcânicas.
- **Sucessão secundária** – Ocorre numa área abandonada, onde, anteriormente, já havia uma comunidade que, por algum motivo, foi destruída. Essa área pode ser, por exemplo, um campo de cultivo abandonado ou uma floresta após um incêndio.

ETAPAS DA SUCESSÃO

Numa sucessão gradual de comunidades numa mesma região, distinguem-se as seguintes fases ou etapas: ecese, séries e clímax (homeostase).

- **Ecese (ecésis)** – É a etapa inicial do processo de sucessão. As espécies de seres vivos que participam dessa etapa são chamadas de espécies pioneiras. Estas produzem modificações no meio abiótico da região, criando condições para a instalação de outras espécies de seres vivos.
- **Séries (seres)** – São as diferentes comunidades que surgem na região entre o estágio inicial (ecese) e final (clímax) de uma sucessão, isto é, são as comunidades intermediárias entre a ecese e o clímax.
- **Clímax** – É o estágio final de uma sucessão ecológica. Nesse estágio, a comunidade atinge o seu máximo desenvolvimento, que é sempre compatível com as condições físico-químicas do meio. Mudanças drásticas nos fatores do ambiente (incêndios, erupções vulcânicas, grandes mudanças climáticas, desastres ecológicos) podem alterar o equilíbrio da comunidade clímax.

Vejamos alguns exemplos de sucessões ecológicas:

A) Sucessão ecológica iniciada a partir da superfície de uma rocha nua – A superfície de uma rocha granítica nua e compacta é extremamente árida, uma vez que tal superfície não absorve água. Toda a água que a rocha recebe da chuva, por exemplo, escorre ou evapora rapidamente. Por isso, são pouquíssimos os seres vivos que conseguem se instalar nesse local e se desenvolver. Praticamente, só os liquens (associação mutualística de algas com fungos) conseguem se instalar e se desenvolver na superfície de uma rocha nua. Assim, sorédios (fragmentos de liquens) transportados pelo vento, ao caírem sobre a superfície da rocha nua, se instalam e desenvolvem-se, iniciando o povoamento daquela região. Dessa forma, os liquens constituirão a comunidade pioneira na superfície da rocha.

Uma vez instalados, os liquens começam a liberar sobre a superfície da rocha certos ácidos orgânicos que, lentamente, vão degradando a superfície, abrindo pequenas fendas, onde começam a se depositar partículas de terra e areia trazidas pelo vento, formando-se aí um microssolo, que passa a reter pequenas quantidades de água. Nesse microssolo, começam a se acumular restos de liquens mortos, o que permitirá a ação de decompositores e, consequentemente, o enriquecimento do meio com certos nutrientes minerais. Observe que a instalação da comunidade pioneira, representada pelos liquens, provoca alterações na superfície da rocha, criando novas condições abióticas, que permitirão a instalação de outras espécies. Assim, trazidos pelo vento, esporos de musgos (briófitas) podem se instalar nesse microssolo úmido. Os musgos são vegetais que só alcançam poucos centímetros de altura, não têm raízes verdadeiras e não exigem solos profundos.

Os musgos, quando morrerem, junto com maior quantidade de terra, água e nutrientes minerais retidos nas fendas, formarão um solo mais espesso, o que permitirá o desenvolvimento de novas espécies, como as gramíneas.

As raízes das gramíneas promoverão o aparecimento de novas fendas, aumentando e aprofundando os espaços e facilitando a formação de bolsas de terra cada vez maiores e mais profundas, onde começam a aparecer arbustos e, posteriormente, árvores.

Assim, o local que no passado era apenas a superfície nua (despovoada) de uma rocha, após certo tempo, torna-se um solo onde cresce e se desenvolve uma comunidade mais estável e predominantemente arbórea, que persiste até que uma mudança no ambiente, natural ou provocada pelo homem, perturbe o seu equilíbrio.

Sucessão ecológica primária		
Ecese	Séries	Clímax
Liquens →	Musgos → Gramíneas → Arbustos →	Árvores

Nesse exemplo de sucessão ecológica, os liquens foram a ecese, isto é, a etapa inicial do processo, enquanto a comunidade predominantemente arbórea constitui o clímax. As comunidades dos musgos, das gramíneas e dos arbustos, que apareceram entre o início (ecese) e o final (clímax), foram as séries dessa sucessão. É bom lembrar que, em qualquer sucessão ecológica, as mudanças das comunidades vegetais são acompanhadas também por mudanças nas comunidades de animais.

B) Sucessão ecológica em uma região que sofre desmatamento – Uma região de mata, cuja comunidade vegetal é formada predominantemente por árvores, sofre desmatamento e, em seguida, é abandonada. Com a remoção de toda a cobertura vegetal, o solo da região ficou totalmente exposto às ações do Sol, dos ventos e das chuvas. Esse solo nu fica, portanto, mais sujeito à evaporação da água e, consequentemente, torna-se mais seco. Paralelamente, a ação conjunta dos ventos e das chuvas retira a camada de húmus (matéria orgânica em decomposição, rica em elementos nutritivos para as plantas), tornando o solo mais estéril. A ação dos ventos, das chuvas e notadamente das águas correntes sobre a superfície da terra favorece, também, a erosão.

Veja que, em consequência do desmatamento, as condições abióticas do solo foram modificadas. O solo, agora seco, pobre em nutrientes minerais, com rachaduras, exposto totalmente às ações do Sol, chuvas e ventos, torna-se um ambiente hostil, onde poucas espécies de organismos conseguem se instalar e sobreviver. Entretanto, na natureza, existem espécies de seres vivos menos "exigentes", dotados de grande tolerância em relação a diferentes adversidades ambientais e que, por isso, conseguem se desenvolver em lugares onde poucos viveriam. Assim, sementes de gramíneas, trazidas pelo vento, podem chegar até essa área onde houve o desmatamento e iniciar novamente seu povoamento. Essas gramíneas serão as espécies pioneiras, formando a comunidade ecese.

Com o estabelecimento da comunidade das gramíneas, pequenos animais (insetos, aranhas, etc.) começam a se instalar na região. As excretas orgânicas desses pequenos animais, bem como seus cadáveres e os restos orgânicos das gramíneas (pedaços de folhas, raízes, etc.) vão se acumulando no ambiente, o que propicia o surgimento de decompositores (bactérias, fungos). Estes, por sua vez, enriquecem o solo com mais nutrientes minerais através da atividade de decomposição. Além disso, os restos orgânicos que se acumulam no solo retêm mais umidade. As gramíneas fazem também uma sombra sobre a superfície do solo e, assim, a luz e o calor que chegam diretamente a ele são reduzidos. Isso contribui ainda mais para aumentar a umidade, uma vez que diminui a evaporação da água da superfície do solo. As raízes das gramíneas também ajudam a segurar a terra, evitando que esta seja carregada com facilidade pelos ventos. Com isso, o solo torna-se mais compacto.

A instalação e o desenvolvimento da comunidade pioneira, representada pelas gramíneas, provocaram alterações nas condições ambientais. Ou seja, a cobertura vegetal dessas plantas passou a proteger o solo contra a ação direta do vento e das enxurradas, evitando a continuidade do processo de erosão e contribuindo para a renovação do húmus e para a manutenção da umidade.

Com essas novas condições ambientais (solo mais compacto, mais úmido e enriquecido com mais nutrientes minerais), espécies vegetais que anteriormente não tinham condições de se instalar nesse local podem, então, se estabelecer. Assim, surge aos poucos uma nova comunidade vegetal formada por ervas diversas, que vão se desenvolvendo e ganhando das gramíneas a competição pela luminosidade. Atraídas pelas ervas, surgem novas espécies de animais. A feição da comunidade vai, então, se alterando, de modo que, depois de algum tempo, a comunidade vegetal, inicialmente formada pelas gramíneas, é substituída por uma comunidade vegetal herbácea (ervas).

A comunidade herbácea também irá provocar alterações nas condições ambientais. Como é pouco mais desenvolvida em porte que a comunidade anterior das gramíneas, sua cobertura reduz ainda mais a quantidade de luz e calor que chega à superfície do solo, contribuindo, assim, para torná-lo mais úmido. Suas raízes também seguram mais a terra, tornando o solo ainda mais compacto e firme.

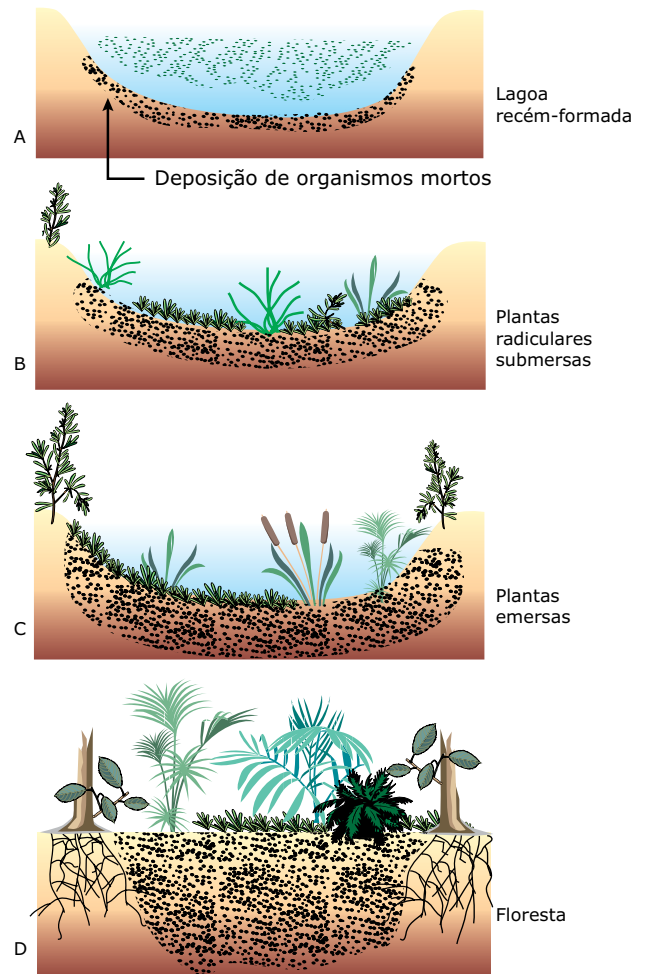
Com isso, arbustos podem se instalar na região e, então, gradativamente, a comunidade herbácea vai sendo substituída por uma comunidade arbustiva. Esta, por sua vez, lentamente cede lugar para o desenvolvimento de uma comunidade arbórea semelhante à que existia na região antes de ocorrer o desmatamento. Essa comunidade arbórea constitui o desenvolvimento máximo da vegetação compatível com as condições ambientais da região, isto é, o clímax.

Sucessão ecológica secundária		
Ecese	**Séries**	**Clímax**
Gramíneas →	Ervas → Arbustos →	Árvores

Evidentemente, à medida que a comunidade vegetal vai mudando num processo de sucessão ecológica, a comunidade animal da região também se altera; uma comunidade vegetal arbórea, por exemplo, pode abrigar animais arborícolas, que não teriam condições de se estabelecerem numa comunidade de gramíneas.

C) **Sucessão em uma lagoa** – Logo após a sua formação natural, a água de uma lagoa é normalmente límpida, sem vida, com o fundo desprovido de vegetação. O fitoplâncton, formado por algas microscópicas, é a primeira forma de vida vegetal a se instalar; em seguida, surgem os animais microscópicos do zooplâncton. Esses organismos, ao morrerem, vão se acumulando no fundo, propiciando o processo de decomposição, que enriquece a água com nutrientes. O aumento de nutrientes nas águas de uma lagoa é denominado eutrofização (eutroficação) e favorece a proliferação de outras espécies de vegetais e animais. Uma lagoa eutrófica (que alimenta bem) é geralmente uma lagoa pouco profunda, de águas esverdeadas (ricas em algas) e pobre em O_2. Já uma lagoa oligotrófica (que alimenta mal) é pobre em nutrientes, geralmente profunda, de águas límpidas e rica em O_2. Os primeiros estágios de uma lagoa representam oligotrofia, e aos poucos ocorre a eutrofização.

O acúmulo de matéria orgânica em decomposição no fundo da lagoa cria uma camada de solo mais fértil, que permite o estabelecimento de plantas radiculares (plantas com raízes). As raízes dessas plantas ajudam a segurar o solo da lagoa, ao mesmo tempo que as partes mortas dessas plantas também contribuem para o aumento de nutrientes na lagoa.

Esse fato, associado ao carregamento de material das áreas vizinhas (terra, folhas mortas, troncos, etc.) pelas águas das chuvas, determina uma diminuição gradual da profundidade da lagoa, que vai se tornando cada vez mais rasa. Começa, então, a surgir uma vegetação emergente e, aos poucos, a lagoa transforma-se em um pântano ou brejo, com fauna e flora próprias. Com o constante acúmulo de material no fundo, a lagoa acaba desaparecendo e tem início, na área, a instalação de plantas terrestres. No início, aparecem as gramíneas; à medida que o solo vai ficando mais firme, surgem plantas de porte um pouco maior, como os arbustos, e, por fim, árvores, que acabam formando uma comunidade arborícola típica de uma Floresta.

***Sucessão ecológica em uma lagoa** – (A) ecese, (B) e (C) séries, (D) clímax. Nesse exemplo, a comunidade do fitoplâncton, formado por algas microscópicas, constitui a comunidade pioneira, enquanto a comunidade arborícola do tipo Floresta representa a comunidade clímax.*

CARACTERÍSTICAS DE UMA SUCESSÃO

Partindo do estágio inicial (ecese) para o final (clímax), uma sucessão ecológica apresenta as seguintes características:

Aumento da diversidade de espécies ou diversidade biológica (biodiversidade)

A diversidade inicial é baixa, havendo, normalmente, predomínio de autótrofos. Ao longo da sucessão, há aumento na diversidade e no número de espécies heterotróficas. No clímax, a diversidade é alta e estável.

Aumento da complexidade da teia alimentar

No decorrer da sucessão, em consequência do aumento da diversidade de espécies e do surgimento de novos nichos ecológicos, a teia alimentar se torna cada vez mais complexa.

Aumento da biomassa

A biomassa ou matéria orgânica aumenta com a sucessão, sendo maior nos estágios clímax. Esse aumento da biomassa é também uma consequência do aumento da diversidade de espécies.

Diminuição da produtividade líquida

Nos estágios iniciais da sucessão, a atividade autotrófica é maior que a heterotrófica e, por isso, a produção bruta (PB) é maior que a respiração (R), isto é, PB/R > 1. Considerando que a produção líquida (PL) é igual à diferença entre a produção bruta e a respiração (PL = PB – R), veremos que ela é alta nos estágios iniciais da sucessão. Entretanto, no decorrer da sucessão, a atividade respiratória da comunidade aumenta e, assim, no estágio final (clímax), temos produtividade bruta (PB) e respiração (R) que se equivalem, com a relação entre ambas tendendo para 1 (PB/R = 1). Isso significa que tudo que está sendo produzido é utilizado pela própria comunidade e, consequentemente, a produção líquida (PL) é baixa.

O quadro a seguir mostra as principais características da comunidade no decorrer de uma sucessão:

Características da comunidade	**Tendências da sucessão: do estágio inicial até o clímax**
Diversidade de espécies	Aumenta
Biomassa	Aumenta
Teia alimentar	Torna-se mais complexa
Relação PB/R	PB/R > 1 nos estágios iniciais, tendendo para 1 na comunidade clímax
Produtividade líquida (PL)	Diminui
Relação produtividade líquida / biomassa (PL / biomassa)	Diminui, pois a produtividade líquida diminui e a biomassa aumenta

Como vimos nos diferentes exemplos, numa sucessão ecológica, diversas comunidades são formadas com o decorrer do tempo. Cada estágio modifica o meio abiótico, possibilitando a instalação e o desenvolvimento de novas espécies, mais aptas a explorá-lo. Quando a comunidade não pode ser substituída por nenhuma outra combinação de espécies mais aptas a explorar o meio, fala-se em comunidade clímax.

Acredita-se que a grande estabilidade das comunidades clímax deva-se à sua grande diversidade de espécies. Assim, quanto mais complexo o ecossistema, mais complexas serão as relações dentro dele, já que há maior número de nichos ecológicos disponíveis; quanto mais nichos, mais diversificadas ficam a flora e a fauna; quanto mais diversos os componentes vivos, menores as probabilidades de que uma mudança numa das condições possa afetar negativamente o ecossistema como um todo. Por exemplo: quando existem muitas espécies de produtores fotossintetizantes, cada uma delas adaptada a utilizar determinados comprimentos de onda luminosa ou determinada intensidade de luz; uma mudança na quantidade de luz, por exemplo, poderá afetar alguns produtores, porém não todos eles. Assim, o ecossistema continuará estável e sem modificações apreciáveis.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Qual das situações a seguir **NÃO** se verifica no decorrer de toda uma sucessão ecológica?

A) Estabelecimento de espécies pioneiras que possibilitam a colonização da área por outros seres vivos.

B) Alteração gradual das condições biológicas sem que ocorram alterações nas condições físicas e químicas do meio.

C) Substituição gradual de comunidades, até que surja uma comunidade estável.

D) Invasão da área por espécies provenientes principalmente de comunidades próximas.

E) Extinção de espécies animais e / ou vegetais.

02. (Unifor-CE) Considere as afirmações a seguir relativas à sucessão ecológica:

I. É um processo ordenado de mudanças da comunidade.

II. Independe das modificações do ambiente físico.

III. A sucessão primária inicia-se pelo estabelecimento de espécies pioneiras no local.

IV. O processo de sucessão termina com o estabelecimento, na área, de uma comunidade clímax.

São **VERDADEIRAS**, apenas

A) I e II.

B) I e III.

C) II e III.

D) I, III e IV.

E) II, III e IV.

03. (UFRGS) Uma comunidade vegetal em estágio jovem atua com mais eficiência do que uma comunidade clímax na "fixação do carbono" porque apresenta

A) uma baixa produtividade primária bruta.

B) a relação produtividade bruta / respiração próxima à unidade.

C) grande biomassa vegetal e diversidade em espécies.

D) uma alta produtividade primária líquida.

E) teias alimentares complexas.

04. (VUNESP) Considere as afirmativas:

1. Sucessão ecológica é o nome que se dá ao processo de transformações graduais na constituição das comunidades de organismos.

2. Quando se atinge um estágio de estabilidade em uma sucessão, a comunidade correspondente é a comunidade clímax.

3. Numa sucessão ecológica, a diversidade de espécies aumenta inicialmente, atingindo o ponto mais alto no clímax, estabilizando-se então.

4. Numa sucessão ecológica ocorre aumento da biomassa.

Assinale,

A) se todas as afirmativas estiverem incorretas.

B) se todas as afirmativas estiverem corretas.

C) se somente as afirmativas 2 e 3 estiverem corretas.

D) se somente as afirmativas 1 e 4 estiverem corretas.

E) se somente a afirmativa 4 estiver correta.

05. (UFV-MG) Todas as afirmativas a seguir representam características de uma comunidade clímax na sucessão ecológica, **EXCETO**

A) Aumento da biomassa total.

B) Aumento da produtividade líquida.

C) Aumento da estabilidade ambiental.

D) Aumento da respiração da comunidade.

E) Aumento da diversidade de espécies.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) O estado de Roraima foi assolado por uma queimada de proporções gigantescas. Considerando que, após as queimadas, essas áreas sejam preservadas, o que ocorre, ao longo do tempo, com a produtividade líquida e a biomassa, é que, respectivamente,

A) aumenta; diminui.

B) fica constante; aumenta.

C) diminui; aumenta.

D) ficam constantes nos dois casos.

E) diminuem, nos dois casos.

02. (UFV-MG) Como se fossem organismos vivos, os ecossistemas naturais estão em constantes modificações. Do estágio jovem até a maturidade ou clímax, os ecossistemas sofrem profundas mudanças, não somente na composição e diversidade de espécies, como também na sua biomassa e produtividade. Assim, do início da sucessão até o clímax da comunidade, não se observa proporcionalmente o aumento da

A) taxa de respiração.

B) diversidade de espécies.

C) reciclagem de nutrientes.

D) produtividade líquida.

E) biomassa total.

03. (UEL-PR) Considere os seguintes ambientes:

I. Superfície de rocha nua.

II. Campo de cultivo abandonado.

III. Floresta recém-derrubada.

IV. Dunas de areia recém-formadas.

A sucessão primária só pode ocorrer em

A) I e II.
B) I e III.
C) I e IV.
D) II e III.
E) III e IV.

04. (FMTM-MG) Considere uma área inicialmente ocupada por uma floresta e que tenha sido desmatada. Dá-se, então, a reocupação dessa área pela vegetação natural.

Durante o processo de sucessão ecológica descrito, é **POSSÍVEL** observar

A) o aumento da diversidade de espécies e da biomassa.

B) o aumento da diversidade de espécies e a diminuição da biomassa.

C) a diminuição da biomassa e dos produtores.

D) a diminuição da biomassa e a redução no número de nichos ecológicos.

E) a constância da biomassa e da biodiversidade antes da fase clímax.

05. (PUC Minas) Na Floresta Amazônica, a produtividade líquida é

A) alta, porque a sucessão ecológica está no seu início.

B) alta, porque a biomassa tem valores desprezíveis.

C) alta, dado ao pequeno número de nichos ecológicos existentes.

D) baixa, porque constitui uma comunidade clímax.

E) baixa, dada a pequena diversidade de espécies.

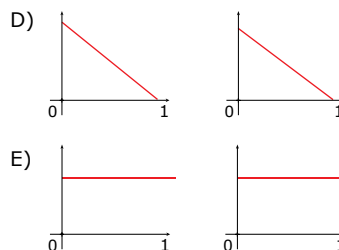
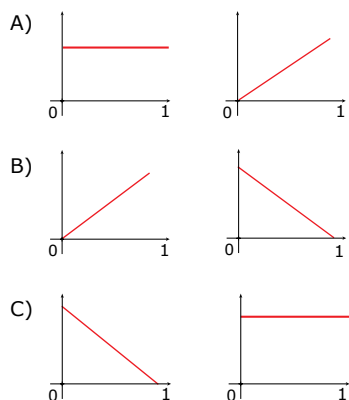
06. (PUC Minas) Numa sucessão ecológica, considerando 0 o início de sucessão e 1 o final da sucessão, a variação da biomassa e a da produtividade líquida são, respectivamente:

A)

B)

C)

D)

E)

07. (UFMG) A sucessão, num ecossistema, pode ser descrita como uma evolução em direção

A) ao aumento da produtividade líquida.

B) à diminuição da competição.

C) ao grande número de nichos ecológicos.

D) à redução do número de espécies.

E) à simplificação da teia alimentar.

08. (UFMG) No início de um processo de sucessão em uma rocha nua, é fundamental o papel de organismos que produzem ácidos e que, gradualmente, abrem fendas nas superfícies das rochas. Por acúmulo de poeiras carregadas pelos ventos, forma-se, então, um solo simples que favorecerá a colonização por outros seres vivos.

Os organismos que favorecem a formação das fendas são

A) algas verdes.
B) capins.
C) liquens.
D) musgos.
E) samambaias.

09. (PUC Minas) No início de uma sucessão ecológica, observa-se

A) grande diversidade de espécies.

B) teia alimentar complexa.

C) produtividade líquida alta.

D) comunidade estável.

E) maior número de nichos ecológicos.

10. (UFC) Indique as alternativas **CORRETAS**, relativas às características de um ecossistema, à medida que a sucessão caminha para o clímax.

01. A diversidade em espécies atinge o maior número no clímax.

02. Há um aumento nos nichos ecológicos, tornando a teia alimentar mais complexa.

04. Há um aumento na biomassa total do ecossistema.

08. O ecossistema tende a uma maior estabilidade ao se aproximar do clímax.

16. Não há modificação do meio físico do ecossistema nos diferentes estágios da sucessão.

Soma (   )

11. (UFC) No que se refere à sucessão ecológica, indique as alternativas **CORRETAS**.

01. Os organismos que conseguem suportar as duras condições para iniciar uma colonização caracterizam-se como espécies pioneiras.
02. A sucessão ecológica envolve a evolução das comunidades ao longo do tempo, resultando em uma comunidade estável.
04. Durante a sucessão, embora ocorram modificações nas espécies, não há modificação do ambiente pelas comunidades que se sucedem no tempo.
08. O processo de sucessão termina quando se estabelece, na área, uma comunidade o mais estável possível.
16. A "comunidade clímax" caracteriza-se quando a espécie que atingiu o ápice do seu desenvolvimento dá lugar, a seguir, a outras espécies.
32. Durante o processo de sucessão, observa-se: mudança nos tipos de plantas e animais, aumento da biomassa e aumento de estabilidade das comunidades.
64. À medida que ocorre a sucessão, dá-se uma diminuição na complexidade da comunidade, permitindo que se estabeleça um menor número de relações ecológicas.

Soma (   )

12. (FUVEST-SP) Considere dois estágios, X e Y, de um processo de sucessão ecológica. No estágio X, há maior biomassa e maior variedade de nichos ecológicos. No estágio Y, há maior concentração de espécies pioneiras e a comunidade está sujeita a variações mais intensas.

A) Qual dos dois estágios representa uma comunidade clímax?

B) Em qual dos estágios há maior biodiversidade? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

C) **DESCREVA** o balanço entre a incorporação e a liberação de carbono nos estágios X e Y.

13. (VUNESP) Considerando um ecossistema aquático em processo de sucessão ecológica, responda ao que se pede.

A) O que ocorre com a biomassa desse ecossistema durante o processo de sucessão?

B) Quando a comunidade atingirá o clímax?

14. (UFMG) "Em 26 de agosto de 1883, a pequena ilha vulcânica de Krakatoa, situada a 41 km de Java, voou pelos ares em uma tremenda explosão, que foi percebida a mais de 1 600 km de distância. Partes da ilha desapareceram completamente e as que resistiram foram cobertas por uma camada tão espessa de cinza quente que nenhuma planta ou animal sobreviveu. Três anos após a explosão, viu-se que o solo estava coberto por cianofíceas (atualmente denominadas cianobactérias) e descobriram-se 11 espécies de filicíneas e 15 de fanerógamas. Os animais surgiram logo após as plantas. Em 1889, seis anos após a explosão, havia muitos tipos de artrópodes (aranhas, moscas, besouros, borboletas, mariposas). Por volta de 1920 a lista de animais aumentava para 513 espécies (incluindo representantes de répteis, aves e mamíferos). Dez anos mais tarde, Krakatoa estava coberta por uma floresta jovem, mas densa."

A) Como se denomina o fenômeno ecológico ocorrido na ilha a partir da erupção vulcânica até dez anos depois?

B) Qual o papel dos organismos pioneiros no ambiente físico?

C) Por que no processo de reorganização da natureza em Krakatoa os heterótrofos não podiam ter sido os organismos pioneiros?

D) Que fenômeno biológico explica a presença dos seres nesta ilha, tendo em vista que a vida terrestre mais próxima estava a 19 km de distância?

SEÇÃO ENEM

01. O esquema a seguir mostra um processo de sucessão ecológica que teve início em um campo de cultivo abandonado, situado em uma região anteriormente ocupada por Floresta Decídua Temperada.

Com base nessas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que o esquema em questão representa

A) uma sucessão primária em que as gramíneas foram as espécies pioneiras.

B) uma sucessão secundária em que a composição em espécie muda mais rapidamente no início e mais lentamente nos estágios intermediários, mantendo-se praticamente constante no clímax.

C) uma sucessão primária em que do estágio inicial até o clímax ocorreu um aumento da biomassa e uma menor diversificação das espécies.

D) uma sucessão secundária que no estágio clímax deve possuir uma menor biodiversidade.

E) uma sucessão secundária que teve início com espécies pioneiras heterótrofas.

02. O território brasileiro, devido a sua magnitude espacial, comporta um mostruário bastante completo de paisagens e ecologias do Mundo Tropical.

AB'SABER, Aziz. *Domínios de natureza no Brasil*, 2003.

Uma das paisagens do Mundo Tropical, a Floresta Amazônica, vem sendo objeto de inúmeras discussões em virtude de sua crescente exploração, apesar de ser um bioma que se encontra em um estágio de um processo de sucessão ecológica. Esse estágio clímax caracteriza-se pelo fato de que

A) a sua biodiversidade permanecerá inalterada, ainda que as condições abióticas da região sofram modificações duradouras.

B) com o passar do tempo, não ocorrerão modificações evolutivas nas diferentes espécies dessa comunidade.

C) sua produção primária líquida é muito alta, devido à elevada taxa de fotossíntese que realiza.

D) sua produção primária bruta, praticamente, iguala-se ao consumo realizado pela respiração de toda a comunidade.

E) sua teia alimentar menos complexa garante maior estabilidade ao ecossistema.

GABARITO

Fixação

01. B

02. D

03. D

04. B

05. B

Propostos

01. C

02. D

03. C

04. A

05. D

06. B

07. C

08. C

09. C

10. Soma = 15

11. Soma = 43

12. A) Estágio X.

B) Estágio X, pois apresenta maior variedade de nichos ecológicos e, consequentemente, maior biodiversidade, uma vez que cada nicho é ocupado por uma determinada espécie ou grupo de espécies.

C) Em X, a incorporação e a liberação de carbono se equivalem, pois, no estágio clímax, a atividade fotossintetizante é praticamente igual à atividade respiratória da comunidade. No estágio Y, a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração e, portanto, a incorporação de carbono é maior do que a sua liberação.

13. A) Aumenta.

B) Quando se mantiver estável; neste caso, não deverá ocorrer substituição de espécies, e a biomassa da comunidade deve se manter mais ou menos constante.

14. A) Sucessão ecológica.

B) Os organismos pioneiros modificam o ambiente físico, criando condições para que novas espécies possam se instalar na região.

C) Nesse ambiente inorgânico, onde houve a destruição de todas as formas de vida, os pioneiros não poderiam ser heterótrofos, pois não encontrariam o alimento orgânico necessário para sua sobrevivência.

D) Dispersão.

Seção Enem

01. B

02. D

BIOLOGIA

Ciclos biogeoquímicos

MÓDULO 23

FRENTE C

O fluxo de energia nos ecossistemas é acíclico e unidirecional, isto é, a energia é transferida ao longo das cadeias alimentares, dos produtores até os decompositores, passando ou não pelos consumidores. A matéria, no entanto, pode ser reciclada, ou seja, nos ecossistemas, a matéria tem um fluxo cíclico, circulando constantemente entre os meios biótico e abiótico do ecossistema.

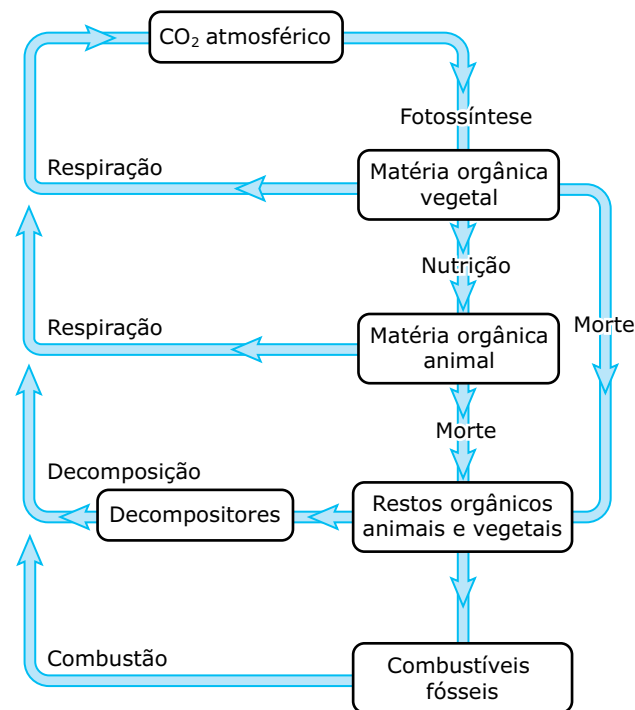
CICLO DO CARBONO

O carbono é um dos elementos químicos indispensáveis aos seres vivos, uma vez que entra na constituição das moléculas de todas as substâncias orgânicas.

É no meio abiótico que está a fonte primária desse elemento químico: as moléculas de CO_2 presentes na atmosfera e também dissolvidas nas águas dos ecossistemas aquáticos (rios, lagos, mares, etc.). Esse CO_2 é absorvido pelos seres fotossintetizantes, sendo, então, utilizado para a síntese de moléculas orgânicas (glicose, por exemplo).

A matéria orgânica fabricada pelos vegetais fotossintetizantes é utilizada na própria respiração do vegetal ou, então, serve de alimento para os animais. Nos animais, essa matéria também será usada na respiração celular. Tanto a respiração vegetal como a respiração animal liberam CO_2, devolvendo carbono ao meio abiótico.

Os cadáveres e restos orgânicos de animais e vegetais podem ter dois destinos no meio ambiente: sofrem decomposição ou se acumulam, dando origem, com o passar do tempo, aos combustíveis fósseis (petróleo, hulha). As reações da decomposição e a queima desses combustíveis também liberam CO_2 no meio ambiente. Aliás, a queima de qualquer matéria orgânica, como as que ocorrem nas queimadas de uma Floresta ou de um Campo, também libera CO_2 na atmosfera.

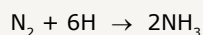
O esquema a seguir representa as principais etapas do ciclo do carbono.

Ciclo do carbono *– Observe que o CO_2 é retirado do meio abiótico pela fotossíntese e devolvido através de diferentes processos: respiração animal, respiração vegetal, decomposição e combustão.*

CICLO DO NITROGÊNIO

O nitrogênio é outro elemento indispensável aos seres vivos, uma vez que entra na constituição de muitas moléculas orgânicas, como as proteínas e os ácidos nucleicos, fundamentais para os processos vitais.

A fonte primária de nitrogênio para os seres vivos é a atmosfera. Lembre-se de que 78% da atmosfera atual é constituída de N_2. A atmosfera, portanto, é um grande reservatório de nitrogênio. Entretanto, a maioria das espécies de seres vivos é incapaz de incorporar e metabolizar o nitrogênio em sua forma gasosa e elementar (N_2). Assim, é preciso que o N_2 atmosférico seja convertido em formas químicas que possam ser utilizadas pelos seres vivos, como amônia (NH_3) e íons nitrato (NO_3^-). Essa transformação é denominada **fixação de nitrogênio**.

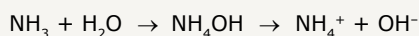
Certas bactérias (*Azotobacter*, *Rhizobium*, cianobactérias) possuem a enzima nitrogenase e, por isso, conseguem incorporar o N_2 da atmosfera, metabolizá-lo e fixá-lo sob a forma de amônia (NH_3). Essa conversão do N_2 em NH_3, realizada por esses micro-organismos, é conhecida por fixação biológica de nitrogênio, biofixação de nitrogênio ou fixação biótica de nitrogênio.

$$N_2 + 6H \rightarrow 2NH_3$$

Biofixação do nitrogênio *– As bactérias responsáveis por essa transformação são chamadas de bactérias fixadoras de nitrogênio.*

Nos ecossistemas aquáticos, as cianobactérias são os principais fixadores de nitrogênio. No solo, existem bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre, como as do gênero *Azotobacter*, e bactérias fixadoras que vivem em associação mutualística com raízes de plantas leguminosas (soja, feijão, ervilha, alfafa, etc.), como é o caso das bactérias do gênero *Rhizobium*. As bactérias de vida livre fixam apenas o nitrogênio necessário para o seu próprio uso e liberam o nitrogênio fixado (sob a forma de amônia) somente quando morrem e sofrem o processo de decomposição. As bactérias que vivem em mutualismo com as raízes de leguminosas liberam para o solo parte do nitrogênio que fixam, recebendo das plantas os produtos da fotossíntese.

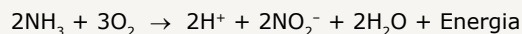
Além da biofixação, outros processos naturais também são responsáveis pela liberação ou formação de amônia (NH_3) no meio ambiente. É o caso de muitos animais que, por meio da excreção, liberam amônia para o meio ambiente, o que também ocorre quando há decomposição de cadáveres e restos orgânicos de animais e plantas. Essa decomposição que leva à produção de amônia recebe o nome de amonificação (amonização).

Uma pequena parte dessa amônia é absorvida por algumas plantas; outra parte pode se combinar com a água existente no solo, formando hidróxido de amônio (NH_4OH), que, ionizando-se, produz íons amônio (NH_4^+) e hidroxila (OH^-), conforme mostra a equação a seguir:

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

Embora a amônia seja tóxica para a maioria das plantas, os íons amônio podem ser absorvidos com segurança em baixas concentrações.

A maior parte da amônia, entretanto, é oxidada e convertida em nitrato (NO_3^-), por meio de um processo denominado nitrificação, realizado por bactérias *(Nitrosomonas, Nitrobacter)* autótrofas quimiossintetizantes, que fazem a oxidação da amônia com a finalidade de liberar energia para a reação da quimiossíntese. Essas bactérias são ditas bactérias nitrificantes.

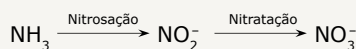
A nitrificação é realizada em duas etapas: nitrosação e nitratação. A nitrosação consiste na oxidação da amônia, produzindo nitrito (NO_2^-), enquanto a nitratação converte os íons nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-).

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2H^+ + 2NO_2^- + 2H_2O + \text{Energia}$$

Nitrosação *– É realizada por bactérias dos gêneros* Nitrosomonas *e* Nitrosococcus*, chamadas de bactérias nitrosas.*

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{Energia}$$

Nitratação *– É realizada por bactérias do gênero* Nitrobacter*, chamadas de bactérias nítricas.*

Resumidamente, podemos esquematizar a nitrificação da seguinte maneira:

$$NH_3 \xrightarrow{\text{Nitrosação}} NO_2^- \xrightarrow{\text{Nitratação}} NO_3^-$$

Nitrificação = Nitrosação + Nitratação

Além da nitrificação, os íons nitrato (NO_3^-) também podem ser produzidos naturalmente no ambiente, embora em menor escala, através da chamada fixação atmosférica de nitrogênio. Nesse tipo de fixação, que ocorre por ocasião de tempestades com raios, a descarga elétrica dos raios (relâmpagos) favorece a reação de N_2 com O_2, levando à produção de nitratos.

A fixação atmosférica de nitrogênio também pode ser feita artificialmente por processos industriais na produção de fertilizantes (fixação industrial de nitrogênio).

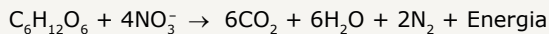
A fixação atmosférica natural de nitrogênio e a fixação industrial de nitrogênio são modalidades de fixação não biológica ou fixação abiótica de nitrogênio.

Os íons nitrato (NO_3^-) provenientes da nitrificação e da fixação abiótica são absorvidos pelas plantas. O nitrato é a forma pela qual a maior parte do nitrogênio é absorvida pelas raízes. As plantas utilizam o nitrato absorvido para a síntese de seus compostos orgânicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, etc.). Por meio da cadeia alimentar (nutrição), os animais obtêm das plantas esses compostos nitrogenados, metabolizando-os e utilizando-os na síntese de suas proteínas e de outros compostos orgânicos nitrogenados. Nos animais, os compostos nitrogenados, em especial as proteínas, ao serem metabolizados, originam produtos de excreção, como a amônia, a ureia e o ácido úrico. São as chamadas excretas nitrogenadas e precisam ser eliminadas para o meio externo, pois, quando em altas concentrações no meio interno, tornam-se tóxicas para o organismo animal. Assim, através da excreção, os animais devolvem nitrogênio para o meio abiótico.

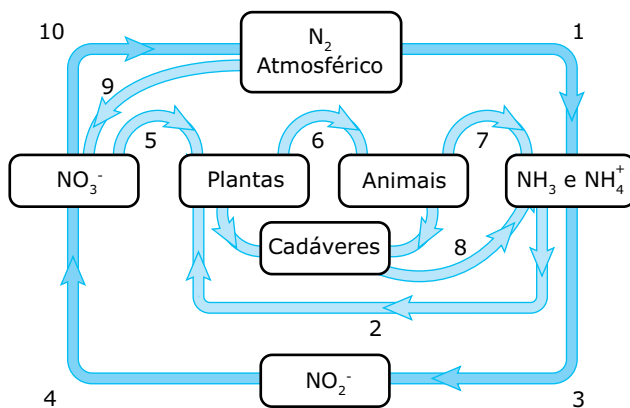
As excretas nitrogenadas dos animais, bem como os seus cadáveres e os das plantas, sofrem, no meio ambiente, a ação dos decompositores (bactérias e fungos). Essa decomposição produz amônia (NH_3). Essa amônia, proveniente da amonificação, pode se combinar com a água e produzir íon amônio (NH_4^+), como também pode sofrer a nitrificação.

Para completar o ciclo do nitrogênio, é necessário que o N_2 seja devolvido à atmosfera. Isso é feito pela desnitrificação (denitrificação).

A desnitrificação consiste na liberação do nitrogênio presente nos íons amônio, no nitrito, no nitrato ou na amônia. Esse processo é realizado por bactérias, como as da espécie *Pseudomonas denitrificans*. Essas bactérias desnitrificantes são anaeróbias facultativas; assim, quando não há disponibilidade de O_2 no meio, passam a fazer a respiração anaeróbia, utilizando os compostos nitrogenados como aceptores finais de elétrons.

$$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3^- \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2 + \text{Energia}$$

Exemplo de desnitrificação *– A desnitrificação, portanto, é um processo de respiração anaeróbia.*

Uma vez que as bactérias desnitrificantes também podem fazer a respiração aeróbia, fica fácil entender que a desnitrificação não ocorre em ambientes onde há boa disponibilidade de O_2. Os ambientes propícios para a realização da desnitrificação de forma mais intensa são aqueles onde há pouca disponibilidade de O_2 (pântanos, por exemplo, onde há pouco O_2 dissolvido na água).

Pelo que acabamos de ver, podemos dizer que o ciclo do nitrogênio apresenta três etapas básicas ou fundamentais: **fixação**, **nitrificação** e **desnitrificação**.

Ciclo do nitrogênio *– **1**. Biofixação do N_2; **2**. Absorção de NH_3 e NH_4^+ pelas plantas; **3**. Nitrosação (1ª etapa da nitrificação); **4**. Nitratação (2ª etapa da nitrificação); **5**. Absorção de NO_3^- pelas plantas; **6**. Cadeia alimentar (nutrição); **7**. Excreção; **8**. Decomposição; **9**. Fixação abiótica de nitrogênio; **10**. Desnitrificação.*

CICLO DA ÁGUA

Embora a água não seja um elemento químico, e sim uma substância composta de hidrogênio e oxigênio, o estudo do seu ciclo é importante, uma vez que ela é indispensável aos processos metabólicos.

A água recobre, aproximadamente, 75% da superfície terrestre. De toda essa água, cerca de 97% pertencem ao talassociclo e o restante, cerca de 3%, ao limnociclo.

A água evapora-se frequentemente das superfícies aquáticas (rios, mares, etc.) e do solo, formando as nuvens, condensa-se e precipita-se sob a forma de chuva, neve ou granizo. No solo, a água pode percolar, isto é, atravessar as camadas do solo, atraída pela força da gravidade, e atingir um lençol freático, através do qual chega até um curso-d'água (rio, riacho, etc.). Parte da água precipitada também pode ser retida pelo solo e absorvida pelas plantas, através do seu sistema radicular (raízes).

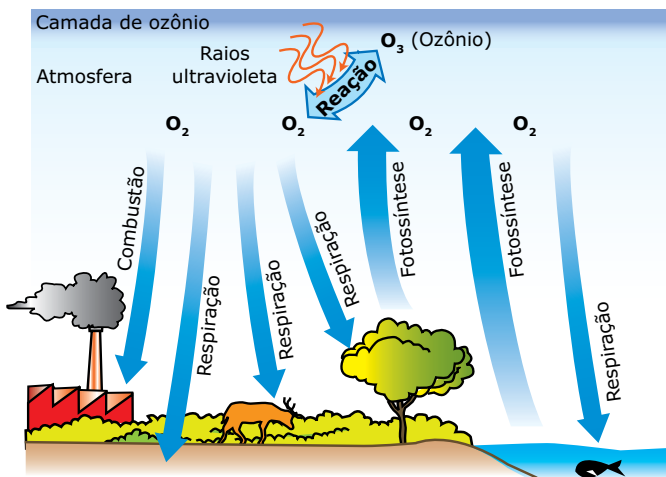
Nos vegetais, a perda de água para o meio abiótico se faz pela transpiração e sudação. Os animais, por sua vez, participam do ciclo ingerindo água obtida diretamente de uma fonte (lago, rio, etc.) ou através dos alimentos. O processo de eliminação de água pelos animais é variável, podendo ocorrer através da urina, das fezes, da respiração, do suor, etc.

Vale lembrar, também, que durante algumas reações do próprio metabolismo, ocorre a formação de água. A água formada no interior das células também pode ser eliminada para o meio abiótico e, dessa forma, incorporar-se ao ciclo dessa substância.

É bom lembrar que parte da água que plantas e animais têm no corpo fica incorporada a suas células e tecidos, sendo devolvida ao ambiente apenas pela ação dos decompositores.

CICLO DO OXIGÊNIO

O oxigênio molecular (O_2), indispensável à respiração aeróbia, é o segundo componente mais abundante da atmosfera atual, na qual existe na proporção de, aproximadamente, 20%. Esse oxigênio pode ser consumido através das seguintes vias:

- Atividade respiratória dos seres vivos;
- Combustão;
- Degradação, principalmente pela ação de raios ultravioletas, com formação de ozônio (O_3);
- Combinação com metais existentes no solo (principalmente o ferro), formando óxidos metálicos.

Ciclo do oxigênio

Por outro lado, há um contínuo reabastecimento de O_2, promovido pela atividade de fotossíntese, principalmente a realizada pelo fitoplâncton marinho, o verdadeiro "pulmão do mundo". Caso não ocorresse a fotossíntese, provavelmente o oxigênio molecular (O_2) já teria desaparecido de nossa atmosfera.

A circulação do oxigênio entre os meios abiótico e biótico também está intimamente associada aos ciclos do carbono e da água.

CICLO DO CÁLCIO

Sais de cálcio, como carbonatos e fosfatos de cálcio, são indispensáveis para que muitos animais possam formar suas estruturas esqueléticas (conchas, ossos, carapaças). Além disso, os íons Ca^{++} atuam em importantes processos metabólicos, como a condução dos impulsos nervosos, a contração muscular e a coagulação sanguínea. O cálcio relaciona-se com a atividade de muitas enzimas. Também é um dos macronutrientes exigidos, por exemplo, pelas plantas, nas quais participa da constituição da lamela média de paredes celulares.

A fonte primária de cálcio são as rochas calcárias que, ao sofrerem o desgaste pelas águas das chuvas e correntezas, liberam sais de cálcio para o solo. Parte desse cálcio do solo é absorvida pelas plantas terrestres e parte é levada para os rios e oceanos. Nesses ambientes, o cálcio dissolvido na água pode ser absorvido pelas plantas aquáticas, como também ingerido pelos animais. Uma parte, entretanto, sedimenta-se no fundo dos rios e mares, formando rochas calcárias. Caso ocorra uma elevação do terreno, essas rochas afloram à superfície e são, então, desgastadas por ação das águas das chuvas e das correntezas, liberando sais de cálcio no solo e recomeçando um novo ciclo.

A participação dos seres vivos no ciclo do cálcio pode ser assim resumida: as plantas absorvem do solo ou da água os sais de cálcio, e os animais o obtêm através da cadeia alimentar. Com a decomposição dos animais e vegetais mortos, o cálcio retorna ao meio abiótico (solo e água).

Os solos utilizados na agricultura também podem ser enriquecidos com sais de cálcio por meio da calagem.

Para a maioria das culturas, o pH ótimo está em torno de 6,5. A chuva e a decomposição de substâncias orgânicas diminuem o pH do solo. Tal acidificação pode ser revertida por calagem.

A calagem consiste na aplicação de compostos popularmente conhecidos por cal, como o carbonato de cálcio, o hidróxido de cálcio ou o carbonato de magnésio. A adição desses compostos leva à remoção de íons H^+ do solo. A calagem também aumenta a disponibilidade de cálcio para as plantas, que o exigem como um macronutriente.

CICLO DO FÓSFORO

O fósforo é um elemento indispensável para qualquer sistema vivo, uma vez que entra na constituição dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), das moléculas energéticas de ATP e dos fosfolipídios da membrana plasmática.

As plantas obtêm o fósforo absorvendo fosfatos (PO_4^{3-}) que se encontram dissolvidos na água e no solo. Os animais obtêm fosfatos nos alimentos ingeridos e na água que bebem.

A excreção dos animais e a decomposição de plantas e animais são processos que devolvem para o meio abiótico (solo e água) o fósforo que fazia parte da matéria orgânica. Parte do fósforo do solo é arrastada pelas chuvas para os rios, lagos e mares, onde se sedimenta, originando rochas fosfatadas (rochas ricas em minerais de fosfato). Após certo tempo, quando se elevarem em consequência de processos geológicos, essas rochas, agora na superfície, sofrerão lentamente a erosão (desgaste) pela água das chuvas, liberando no solo os fosfatos que, então, serão absorvidos pelas plantas que os utilizam para a produção de ATP, de ácidos nucleicos e de outros compostos. Através da cadeia alimentar, os fosfatos das plantas passam para os animais, que os utilizam da mesma forma que os vegetais. Os animais também podem obter sais fosfatados que estejam dissolvidos na água que bebem.

A maioria dos depósitos de fosfato é de origem marinha. Uma parte é utilizada pelos organismos marinhos e outra permanece sedimentada no fundo dos mares, como parte de rochas.

Através da cadeia alimentar, o fosfato absorvido pelas algas marinhas é transmitido para os peixes e, destes, passam para as aves marinhas. Essas aves, por sua vez, eliminam excretas que se depositam sobre as rochas litorâneas, formando o guano.

O homem aproveita os vastos depósitos de guano, como os das ilhas costeiras do Peru ou da ilha de Nauru, no Pacífico Sul, usando-os como adubos fosfatados, promovendo, assim, o retorno mais rápido do fósforo a seu ciclo. O homem também pode obter o fósforo pela mineração de rochas fosfatadas, usadas como adubo na agricultura.

Uma particularidade do ciclo do fósforo em relação aos ciclos vistos anteriormente (carbono, nitrogênio, oxigênio, água) é a ausência de fase gasosa, já que não são comuns os compostos gasosos contendo fósforo. Dessa forma, praticamente não há passagem pela atmosfera. Algum fósforo pode ser transportado em partículas de poeira, mas, em geral, a atmosfera exerce um papel muito secundário no ciclo desse elemento.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFV-MG) Analise a seguinte citação: "A morte não está na natureza das coisas, é a natureza das coisas. Mas o que morre é a forma. A matéria é imortal." (John Fowles)

Pela análise da citação, pode-se concluir que a matéria é imortal porque

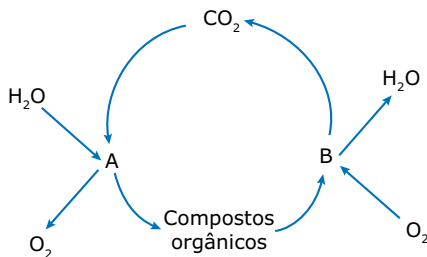
A) a decomposição da matéria libera os nutrientes, que retornam aos ciclos biogeoquímicos.

B) a decomposição da matéria orgânica é um processo muito lento, que pode durar séculos.

C) a decomposição da matéria orgânica não é completa devido à grande quantidade de fibras.

D) a decomposição da matéria libera nutrientes, que ficam disponíveis diretamente aos heterótrofos.

E) a decomposição lenta permite que a matéria tenha condições de ser fossilizada.

02. (FUVEST-SP)

No ciclo do carbono, esquematizado anteriormente, do qual participam fungos e algas pardas,

A) as algas pardas realizam apenas a etapa A.

B) os fungos realizam apenas a etapa A.

C) as algas pardas realizam as etapas A e B.

D) os fungos realizam as etapas A e B.

E) as algas pardas realizam apenas a etapa B.

03. (UFMG) Em relação ao ciclo do nitrogênio, qual alternativa está **ERRADA**?

A) Algumas espécies de bactérias e de cianófitas são capazes de fixar o nitrogênio gasoso da atmosfera (N_2) e transformá-lo em compostos nitrogenados utilizáveis pelo mundo biótico.

B) Para sintetizar seus aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados, as plantas verdes retiram do ambiente o nitrogênio principalmente sob a forma de nitrato.

C) Quando produtores e consumidores morrem, seus compostos orgânicos nitrogenados são transformados por certas bactérias desnitrificantes em nitratos, os nitratos em nitritos e estes em amônia.

D) Certos tipos de bactérias podem transformar o nitrogênio do solo, na forma de nitratos, nitritos e amônia, em nitrogênio gasoso (N_2) que retorna à atmosfera.

E) O nitrogênio gasoso da atmosfera pode ser incorporado a compostos nitrogenados por fatores abióticos do ecossistema e por combinação simbiótica de bactérias com plantas superiores.

04. (UFRGS) Relacione os processos biológicos listados na primeira coluna com um ou mais dos ciclos biogeoquímicos listados na segunda coluna.

1. Fotossíntese
2. Respiração vegetal
3. Decomposição de restos orgânicos por micro-organismos

(a) Ciclo do carbono

(b) Ciclo do oxigênio

(c) Ciclo do nitrogênio

Assinale a alternativa que **MELHOR** representa essas relações.

A) 1 (a) (b) – 2 (a) (b) – 3 (a) (c)

B) 1 (a) (b) – 2 (a) (b) – 3 (c)

C) 1 (b) – 2 (a) – 3 (a) (b)

D) 1 (b) – 2 (a) – 3 (b) (c)

E) 1 (b) (c) – 2 (c) – 3 (b) (c)

05. (PUC-Campinas-SP) Considere as seguintes funções vegetais:

I. Transpiração

II. Respiração

III. Fotossíntese

O ciclo biogeoquímico da água relaciona-se com

A) I, apenas.

B) I e II, apenas.

C) I e III, apenas.

D) II e III, apenas.

E) I, II e III.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC RS) Quando se estuda o ciclo do nitrogênio, verifica-se que os seres que devolvem esse elemento à atmosfera são bactérias particularmente denominadas

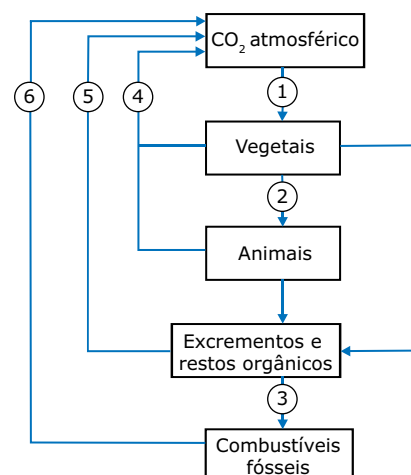
A) nitrificantes.

B) ferrosas.

C) sulfurosas.

D) desnitrificantes.

E) simbiontes.

02. (UFMG) Analise o esquema a seguir, referente ao ciclo do carbono na biosfera.

Todas as alternativas, relativas aos processos numerados no esquema, estão corretas, **EXCETO**

A) 1 produz glicose e libera O_2.

B) 2 representa um processo de nutrição exclusivo de indivíduos heterótrofos.

C) 3 só ocorre se o processo 5, realizado por saprófitas, for interrompido.

D) 4 visa à formação de moléculas orgânicas com gasto de energia.

E) 6 é denominado combustão.

03. (UFU-MG) As bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* intervêm no fenômeno de

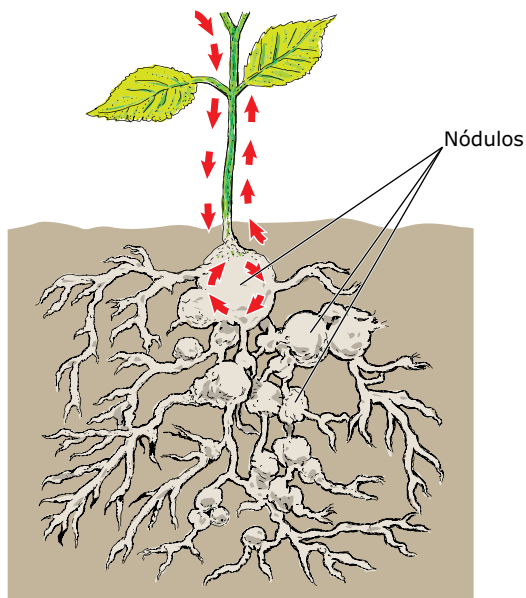
A) nitrosação.

B) desnitrificação.

C) nitrificação.

D) amonização.

E) síntese de ATP.

04. (UFMG) Observe esta figura.

Os nódulos formados nas raízes das leguminosas resultam da colonização por bactérias fixadoras de nitrogênio. Devido à presença desses nódulos nas raízes, as sementes de leguminosas – como a soja – são boas armazenadoras de

A) amido.

B) carboidratos.

C) lipídios.

D) proteínas.

05. (PUC Rio–2010) A disponibilização do CO_2 através da queima de combustíveis é uma das causas do aumento do aquecimento global. A fixação do carbono na biomassa é uma das formas de promover sua estabilização. Em relação à fixação biológica do carbono, é **CORRETO** afirmar que ela é feita somente pelos organismos

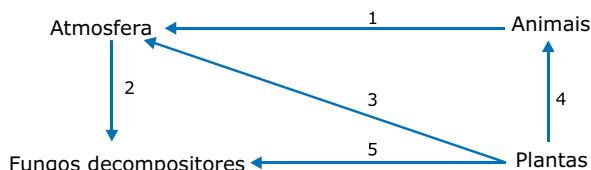
A) fotossintéticos, do reino vegetal.

B) ruminantes, do reino animal.

C) algas fotossintéticas.

D) organismos decompositores.

E) organismos autotróficos.

06. (UFMG) Analise o esquema do ciclo do carbono.

Considerando esse esquema, todas as setas estão corretamente direcionadas, **EXCETO**

A) seta 1.

B) seta 2.

C) seta 3.

D) seta 4.

E) seta 5.

07. (PUC-SP) Supondo que um consumidor secundário seja um pássaro, pode-se prever que ele receba nitrogênio no nível trófico II, a partir de

A) proteínas, e o elimine através da excreção, na forma de ácido úrico.

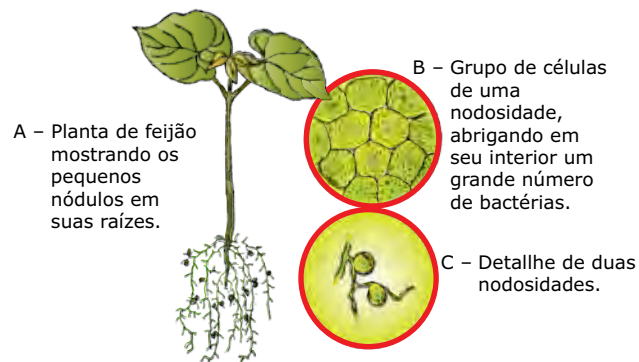
B) proteínas, e o elimine através da excreção, na forma de amônia.

C) proteínas, e o elimine através da excreção, na forma de aminoácidos.

D) açúcares, e o elimine através de suas fezes, na forma de ácido úrico.

E) açúcares, e o elimine através de suas fezes, na forma de ureia.

08. (UFMG)

Nodosidade de leguminosas

Observe a formação de nodosidades nas plantas. Sua importância para a planta A relaciona-se à

A) utilização de energia luminosa.

B) obtenção de energia na ausência de oxigênio.

C) maior absorção de água.

D) eliminação de sais minerais.

E) fixação de nitrogênio.

09. (PUC-SP) O trecho a seguir compreende parte do ciclo do nitrogênio. Nele, há uma série de lacunas que deverão ser preenchidas.

No solo, compostos nitrogenados provenientes da excreção de certos animais são convertidos em amônia. Essa substância é, em seguida, transformada em _I_ e, depois, em _II_ pela ação de _III_. Isso possibilita às plantas a síntese de _IV_ e _V_, que, através das cadeias alimentares, chegarão aos consumidores.

As lacunas I, II, III, IV e V poderão ser preenchidas **CORRETA** e respectivamente por

A) ácido úrico, ureia, bactérias, aminoácidos e proteínas.

B) nitrito, nitrato, bactérias, aminoácidos e proteínas.

C) sal, ácido nítrico, produtores, glicose e amido.

D) ácido úrico, ureia, produtores, glicose e amido.

E) aminoácidos, proteínas, bactérias, glicose e amido.

10. (Unicamp-SP) Dados experimentais demonstraram que uma plantação de cana-de-açúcar com cerca de 4 000 m^2 é capaz de retirar da atmosfera 20 toneladas de carbono / ano. Se não houvesse maneira de devolver à atmosfera o carbono incorporado, provavelmente em poucos séculos os vegetais consumiriam todo o suprimento atmosférico de carbono.

CITE três maneiras através das quais a reciclagem desse elemento químico pode ocorrer.

11. (UFU-MG) Certos agricultores costumam plantar alternadamente culturas de plantas não leguminosas e leguminosas. Por exemplo, após cultivarem milho em uma região, optam por plantar feijão. Outros cultivam plantas leguminosas, deixando-as apodrecerem no campo.

Com relação ao exposto, responda ao que se pede.

A) Qual a importância das plantas leguminosas para o solo?

B) Qual é a denominação das técnicas utilizadas pelos agricultores no primeiro e no segundo exemplos, respectivamente?

12. (PUCPR–2010) Com relação ao ciclo da matéria ou ciclos biogeoquímicos, marque o item **INCORRETO**.

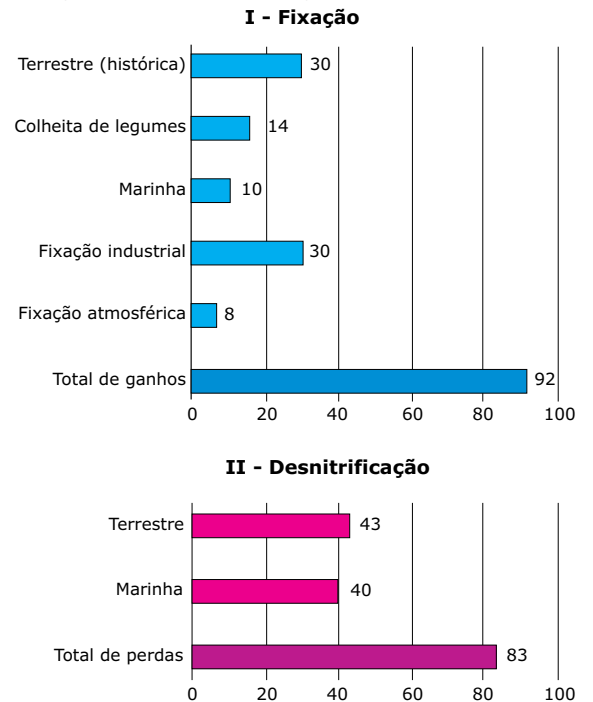
A) O fósforo faz parte dos ácidos nucleicos, do ATP e dos fosfolipídios; além de constituir, nos animais, um componente mineral dos ossos e dos dentes.

B) As moléculas orgânicas dos seres vivos apresentam átomos de carbono em sua composição.

C) O nitrito é um tanto tóxico às plantas, mas raramente acumula-se no solo, pois é rapidamente oxidado por bactérias do gênero *Nitrobacter*.

D) Quando queimados, os combustíveis fósseis liberam CO_2, devolvendo à atmosfera átomos de carbono, que há milhões de anos compunham os seres vivos.

E) As leguminosas absorvem o nitrogênio pelas folhas, sintetizando os nitratos.

13. (UERJ) A provisão de alimentos dos animais e vegetais é limitada pela disponibilidade de nitrogênio fixado. Os gráficos a seguir são o resultado de uma pesquisa que analisou a relação entre o processo de fixação de nitrogênio e o de desnitrificação.

Transferência, ganhos e perdas de nitrogênio (10^6t)

A Biosfera. SCIENTIFIC AMERICAN. São Paulo: Polígono, 1974, p. 87 (Adaptação).

A análise dos dados mostra que o total de ganhos na fixação é maior que o total de perdas, permitindo um saldo de cerca de 9 milhões de toneladas de nitrogênio fixado.

A) **EXPLIQUE** por que a existência desse saldo é biologicamente indispensável para contribuir com a produção de alimentos.

B) **CITE** duas justificativas para que as recomendações técnicas relativas ao aumento da produção mundial de alimentos enfatizem a necessidade do cultivo de leguminosas.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1998) O Sol participa do ciclo da água, pois, além de aquecer a superfície da Terra dando origem aos ventos, provoca a evaporação da água dos rios, lagos e mares. O vapor da água, ao resfriar, condensa em minúsculas gotinhas, que se agrupam formando as nuvens, neblinas ou névoas úmidas. As nuvens podem ser levadas pelos ventos de uma região para outra. Com a condensação e, em seguida, a chuva, a água volta à superfície da Terra, caindo sobre o solo, rios, lagos e mares. Parte dessa água evapora retornando à atmosfera, outra parte escoa superficialmente ou infiltra-se no solo, indo alimentar rios e lagos. Esse processo é chamado de ciclo da água.

Considere, então, as seguintes afirmativas:

I. A evaporação é maior nos continentes, uma vez que o aquecimento ali é maior do que nos oceanos.

II. A vegetação participa do ciclo hidrológico por meio da transpiração.

III. O ciclo hidrológico condiciona processos que ocorrem na litosfera, na atmosfera e na biosfera.

IV. A energia gravitacional movimenta a água dentro do seu ciclo.

V. O ciclo hidrológico é passível de sofrer interferência humana, podendo apresentar desequilíbrio.

A) Somente a afirmativa III está correta.

B) Somente as afirmativas III e IV estão corretas.

C) Somente as afirmativas I, II e V estão corretas.

D) Somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.

E) Todas as afirmativas estão corretas.

02. (Enem–2010) O fósforo, geralmente representado pelo íon de fosfato (PO_4^{-3}), é um ingrediente insubstituível da vida, já que é parte constituinte das membranas celulares e das moléculas do DNA e do trifosfato de adenosina (ATP), principal forma de armazenamento de energia das células. O fósforo utilizado nos fertilizantes agrícolas é extraído de minas, cujas reservas estão cada vez mais escassas. Certas práticas agrícolas aceleram a erosão do solo, provocando o transporte de fósforo para sistemas aquáticos, que fica imobilizado nas rochas. Ainda, a colheita das lavouras e o transporte dos restos alimentares para os lixões diminuem a disponibilidade dos íons no solo. Tais fatores têm ameaçado a sustentabilidade desse íon.

Uma medida que amenizaria esse problema seria:

A) Incentivar a reciclagem de resíduos biológicos, utilizando dejetos animais e restos de cultura para produção de adubo.

B) Repor o estoque retirado das minas com um íon sintético de fósforo para garantir o abastecimento da indústria de fertilizantes.

C) Aumentar a importação de íons fosfato dos países ricos para suprir as exigências das indústrias nacionais de fertilizantes.

D) Substituir o fósforo dos fertilizantes por outro elemento com a mesma função para suprir as necessidades do uso de seus íons.

E) Proibir, por meio de lei federal, o uso de fertilizantes com fósforo pelos agricultores, para diminuir sua extração das reservas naturais.

GABARITO

Fixação

01. A 02. C 03. C 04. A 05. E

Propostos

01. D 03. C 05. E 07. A 09. B

02. D 04. D 06. B 08. E

10. Respiração de autótrofos e heterótrofos, decomposição e queima de combustíveis fósseis.

11. A) O plantio de leguminosas enriquece o solo com sais nitrogenados, pois normalmente em suas raízes existem nódulos formados por bactérias fixadoras do nitrogênio.

    B) Rotação de culturas e adubação verde.

12. E

13. A) O saldo representa a quantidade de gás nitrogênio fixado e transformado em sais nitrogenados, que são absorvidos e utilizados pelos vegetais na produção de substâncias orgânicas nitrogenadas, como as proteínas. Essas substâncias, por sua vez, poderão ser utilizadas como alimento.

    B) Além de serem importantes fontes de proteínas, as leguminosas contribuem para o enriquecimento do solo com sais nitrogenados, pois normalmente possuem bactérias fixadoras de nitrogênio associadas às suas raízes.

Seção Enem

01. D

02. A

BIOLOGIA

Desequilíbrios ambientais

MÓDULO 24 FRENTE C

Alterações abióticas e / ou bióticas nos diferentes ambientes e ecossistemas podem criar situações de desequilíbrios não só para as condições físicas e químicas do meio, como também para a comunidade que vive na região. Essas alterações podem ser decorrentes da introdução de novas espécies de seres vivos no ambiente, da eliminação de determinadas espécies de um ambiente e da poluição ambiental.

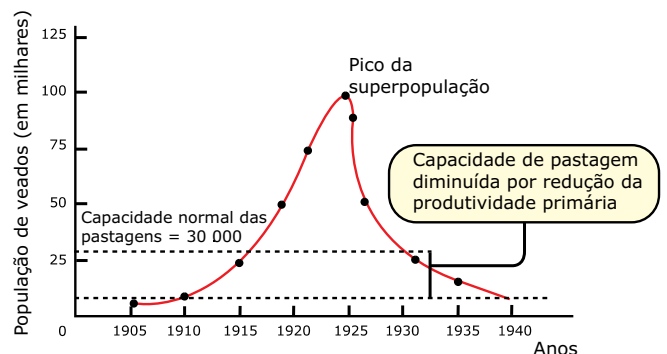
INTRODUÇÃO DE NOVAS ESPÉCIES DE SERES VIVOS NO AMBIENTE

Muitas vezes, o homem tem alterado o equilíbrio dos ecossistemas introduzindo neles novas espécies de seres vivos, sem fazer um prévio levantamento do impacto ambiental que isso poderá causar.

Um clássico exemplo de desequilíbrio gerado pela introdução de nova espécie num ambiente foi o que ocorreu na Austrália com a introdução do coelho europeu. O coelho europeu (*Oryctolagus cuniculus*) é originário das regiões mediterrâneas. Por volta de 1859, 24 casais de coelhos foram levados à Austrália, onde encontraram um ambiente extremamente favorável, com comida farta e praticamente nenhum parasita ou predador que regulasse o tamanho da sua população. Como possuem um potencial biótico elevado, em pouco tempo a população de coelhos aumentou consideravelmente. Em 1887, apenas 18 anos após sua introdução, a população de coelhos havia atingido um tamanho tão grande que os australianos promoveram uma enorme campanha de extermínio desses animais. Naquela ocasião, foram abatidos cerca de 20 milhões de coelhos, e, nem essa matança indiscriminada conseguiu controlá-los. Os coelhos devastaram as pastagens, deixando as ovelhas, principal riqueza da região, praticamente sem alimento, causando prejuízos incalculáveis à economia do país.

Para se tentar reduzir a população de coelhos na Austrália, em 1950 foi introduzido naquele país o vírus da mixomatose, doença fatal para os coelhos. Esse vírus não representava perigo para as espécies nativas, atacando somente coelhos e umas poucas espécies de lebres.

ELIMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE UM AMBIENTE

A eliminação de uma ou mais espécies de um meio onde haja um equilíbrio entre todas elas também pode gerar consequências prejudiciais para todo o ecossistema. Interferir no relacionamento presa/predador pode ser, às vezes, desastroso. Foi o que aconteceu, por exemplo, no Planalto de Kaibab nos EUA, quando em 1907 foi iniciada uma campanha de proteção aos veados que ali viviam. Assim, lobos, coiotes e pumas, que são predadores dos veados, sofreram uma intensa campanha de extermínio. Com isso, a população de veados, que em 1907 era de cerca de 4 000 animais, passou a 100 000 em 1924, ou seja, bem acima da capacidade de sustentação do ambiente. Nos dois anos seguintes, no inverno, mais de 60% dos veados morreram de fome. Além disso, grande parte da vegetação foi destruída, já que até as raízes das plantas tinham sido devoradas. Dessa forma, a produtividade primária da área acabou diminuindo muito.

Conforme pôde ser observado no gráfico anterior, calculou-se que em 1907 a vegetação da área era suficiente para alimentar 30 000 veados; porém, em 1939, o rebanho foi estimado em apenas 10 000 animais, continuando muitos deles, ainda assim, a morrer de fome.

A destruição de seus hábitats, a caça e a pesca predatórias por parte do homem também têm levado inúmeras espécies à extinção. O tamanho mínimo que uma população tem de atingir para não se extinguir varia de espécie para espécie. Ele depende da sua capacidade reprodutiva, da sua vulnerabilidade às influências do meio e da duração do seu ciclo vital, entre outras coisas. Das espécies que o homem caça e pesca atualmente, muitas estão ameaçadas de extinção, uma vez que suas populações já estão atingindo o tamanho mínimo necessário para sua manutenção. Outras, mesmo que a caça e a pesca parem imediatamente, já não terão capacidade de se recuperar e, fatalmente, se extinguirão. Por exemplo: mesmo que a pesca às baleias seja completamente interrompida, é provável que muitas espécies não consigam evitar a extinção.

Embora o fenômeno da extinção de espécies seja comum na natureza, a extinção recente de um grande número de espécies é consequência da atividade humana.

Em todo o mundo, espécies inteiras de animais e plantas estão se extinguindo rapidamente. Um cientista alemão, Vinzens Ziswiler, escreveu com ironia sobre as causas desse fato: "A causa [...] o homem pode vê-la sempre que se olhar no espelho [...]".

O equilíbrio do mundo natural é extremamente complexo e delicado: clima, solo, vegetação e animais são componentes estreitamente ligados entre si. Quando um desses elementos sofre modificação violenta, os outros também se ressentem.

O homem sempre foi, e continua sendo, um dos maiores perturbadores desse equilíbrio. Ele é o principal responsável pelo desaparecimento de inúmeras espécies. A caça e a pesca indiscriminada, a poluição do ar e das águas, o desmatamento e a destruição de florestas trouxeram graves danos ao conjunto das condições ambientais que permitiam a vida de muitas espécies.

POLUIÇÃO AMBIENTAL

Em termos ecológicos, poluição é qualquer alteração desfavorável no ambiente, provocada por substâncias químicas ou agentes físicos capazes de prejudicar os organismos que nele vivem.

Os agentes causadores da poluição, isto é, os poluentes, podem ser quantitativos e qualitativos.

A) **Poluentes quantitativos** – Existem normalmente na natureza, mas, através de diversas atividades humanas, são liberados em quantidades significativamente maiores do que ocorrem naturalmente. São, portanto, introduzidos num ecossistema em quantidade superior àquela que ele suporta. Um bom exemplo é o que acontece com a taxa de CO_2 na atmosfera. Esse gás é produzido e liberado naturalmente no meio ambiente pelos seres vivos através dos processos respiratórios. Entretanto, quando sua concentração se torna muito alta na atmosfera, ele se torna prejudicial, uma vez que contribui para o aumento do chamado efeito estufa, que discutiremos mais adiante.

B) **Poluentes qualitativos** – São substâncias sintéticas e, portanto, não ocorrem na natureza, sendo fabricadas e liberadas pelo homem no meio ambiente, através de diferentes atividades. São substâncias que os seres vivos não são capazes de degradar, isto é, são substâncias não biodegradáveis que, por essa razão, se acumulam no ambiente, podendo passar através da cadeia alimentar para os seres vivos, nos quais exercem efeitos tóxicos e prejudiciais. Um bom exemplo é o inseticida DDT.

POLUIÇÃO DO AR

As substâncias poluentes encontradas em nossa atmosfera podem ser gasosas ou sólidas.

Dentre os gases poluentes da atmosfera estão o CO, a alta concentração de CO_2, o SO_2, o NO_2, o CFC, etc.

CO (Monóxido de carbono)

É um gás incolor, inodoro, venenoso, proveniente, principalmente, da combustão incompleta de moléculas orgânicas. Sua maior fonte emissora é o escapamento dos veículos de motor a combustão.

Ao penetrar em nosso organismo, juntamente com o ar que inspiramos, o CO combina-se com a hemoglobina do sangue, formando a carboxiemoglobina e, assim, impedindo a ligação da hemoglobina com o oxigênio. Fica claro que a formação de taxas elevadas de carboxiemoglobina no sangue pode causar a morte do organismo por falta de oxigenação adequada dos tecidos.

Em ambientes fechados, os perigos se tornam ainda maiores, pois o CO acumula-se, podendo matar uma pessoa em poucos minutos. A exposição prolongada ao monóxido de carbono pode levar à perda da consciência (desmaio) e à morte. Por isso não se deve deixar o motor do carro ligado em garagens fechadas e nem em túneis, quando há engarrafamento de trânsito. Em ambientes abertos, mais arejados, o monóxido de carbono difunde-se (espalha-se) mais rapidamente na atmosfera.

Nas zonas urbanas, a circulação de automóveis é, sem sombra de dúvida, a principal responsável pela poluição atmosférica pelo monóxido de carbono. Estima-se, por exemplo, que na cidade de São Paulo sejam liberados mais de 1 000 toneladas desse gás todo dia. Na zona rural, as queimadas também contribuem para elevar a taxa de CO na atmosfera. Calcula-se que nos últimos tempos, a cada ano, são lançados na atmosfera cerca de 75,5 milhões de toneladas desse gás.

Elevação da taxa de CO_2 (Dióxido de carbono)

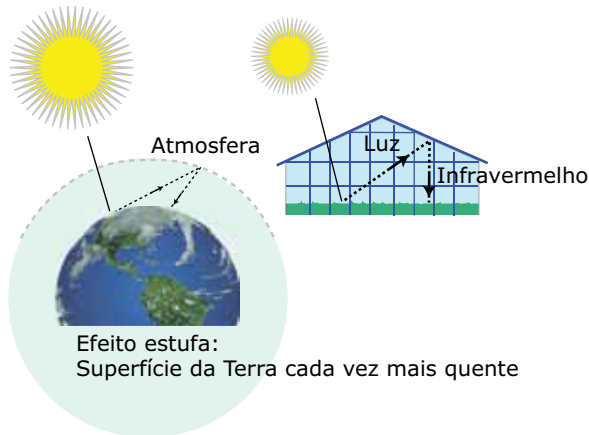
O dióxido de carbono (ou gás carbônico) é uma substância que existe normalmente na atmosfera e, também, dissolvido nas águas de rios, mares e oceanos. É indispensável à manutenção dos ecossistemas, já que é um dos reagentes da fotossíntese realizada por organismos produtores.

No ciclo do carbono, vimos que o CO_2 é retirado do meio ambiente pelos organismos fotossintetizantes e liberado através da respiração e da decomposição. A queima de matéria orgânica e combustíveis fósseis também libera esse gás.

Durante muito tempo, a taxa de CO_2 na atmosfera se manteve estabilizada, devido a um certo equilíbrio entre a produção (liberação de CO_2) e o consumo (retirada do CO_2). Entretanto, nos últimos tempos, essa situação de equilíbrio foi rompida devido ao aumento da produção e à diminuição do consumo. O aumento da produção de CO_2 se deve ao uso cada vez maior de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, e às frequentes queimadas nos ecossistemas terrestres. A diminuição do consumo de CO_2 é atribuída aos constantes desmatamentos e à poluição dos mares com consequente destruição e diminuição do fitoplâncton.

Com este desequilíbrio, evidentemente, tem aumentado, ano a ano, a taxa de CO_2 na atmosfera. Essa elevação se constitui numa alteração desfavorável ao ambiente, uma vez que contribui para aumentar o chamado efeito estufa.

Sabemos que a atmosfera terrestre, além de conter gases essenciais para a vida, exerce também um papel comparado ao de uma estufa ou cobertor, que aquece a superfície do nosso planeta. Sabe-se que a maior parte da radiação solar que atinge o solo é refletida na forma de radiação infravermelha.

Gases atmosféricos, como o vapor-d'água, o gás carbônico, o metano e outros, absorvem essas radiações e irradiam o infravermelho em todas as direções, inclusive de volta para a superfície terrestre, que se aquece.

A atmosfera terrestre, da mesma forma que o vidro de uma estufa, permite a passagem de luz, porém impede que o calor (radiação infravermelha) escape. É o efeito estufa.

Acredita-se que o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera possa provocar elevação da temperatura média, já que acentuaria o efeito estufa.

Alguns cientistas acreditam que, se a concentração dos gases que provocam o efeito estufa continuar a aumentar, devemos esperar uma elevação de 4 a 5 ºC na temperatura mundial, nos próximos 50 anos.

Um aumento dessa ordem poderá provocar modificações climáticas em todo o planeta. Nas regiões tropicais, por exemplo, ocorreriam tempestades torrenciais. Nas regiões temperadas, o clima poderia se tornar mais quente e seco. As regiões polares poderiam ter grande parte do gelo derretida, com elevação do nível dos mares e inundação de cidades litorâneas e planícies.

SO_2 (Dióxido de enxofre)

Esse gás é liberado na atmosfera através da atividade vulcânica, da decomposição natural da matéria orgânica e da combustão de carvão mineral, petróleo e derivados.

As indústrias que obtêm energia pela queima do carvão mineral e de óleo combustível são as que mais têm contribuído para a elevação da taxa de SO_2 na atmosfera. Muitas indústrias também liberam o H_2S (gás sulfídrico), que, na atmosfera, é rapidamente convertido em SO_2.

Enquanto o H_2S, com seu cheiro característico de ovo podre, oferece pouco perigo para o homem, o SO_2 provoca irritação dos olhos, da pele, da mucosa nasal e da garganta, como também bronquites (inflamação dos brônquios), estreitamento dos bronquíolos, asma e até enfisema pulmonar e morte. Além disso, o SO_2 na atmosfera, reagindo com vapor-d'água, pode originar o ácido sulfúrico (H_2SO_4) que, por sua vez, pode se precipitar sobre a superfície terrestre junto com as chuvas. Essa "chuva ácida" pode acarretar danos materiais (corrosão de carroceria de automóveis, grades metálicas, mármore, parede de edifícios), envenenamento de rios (causando a morte de peixes diversos) e danos às folhas de inúmeras espécies vegetais, comprometendo a produtividade.

Em certos países europeus, onde a produção de energia é baseada na queima de carvão e óleo diesel, as chuvas ácidas têm sido responsáveis por grandes danos à vegetação, além de corroerem construções e monumentos. Na Alemanha e na Holanda, por exemplo, estima-se que 50% das florestas naturais já foram destruídas pelas chuvas ácidas.

A presença de SO_2 em altas taxas na atmosfera pode exterminar quase totalmente muitas espécies vegetais ou comprometer seriamente a produtividade de plantas cultivadas. Os liquens, por exemplo, são frequentemente dizimados pelo SO_2, daí serem considerados como indicadores de poluição por esse gás.

NO e NO_2 (Óxidos de nitrogênio)

Aparecem na atmosfera provenientes da atividade dos motores de combustão (automóveis, aviões), das indústrias que usam carvão mineral e derivados do petróleo como fonte de energia, das queimadas e também pelo uso excessivo na agricultura de fertilizantes nitrogenados.

Esses gases, além de contribuírem para a destruição da camada de ozônio (O_3), também podem provocar ulcerações e irritações na pele e nas vias respiratórias com lesões pulmonares graves. Além disso, o NO_2 (dióxido de nitrogênio), à semelhança do que acontece com o SO_2, pode reagir na atmosfera com a água e originar substância ácida, que, no caso, é o ácido nítrico (HNO_3). Esse ácido, por sua vez, pode se precipitar com a chuva (chuva ácida).

Os danos causados no organismo humano pelas chamadas chuvas ácidas são ainda bastante discutidos pelos médicos e cientistas. Tudo indica que as partículas ácidas presentes na chuva têm efeito cumulativo sobre o organismo, podendo acelerar o desenvolvimento de doenças em pessoas menos saudáveis. Em geral, antes de alcançarem os pulmões, as partículas se acumulam no nariz e na garganta. Quando isso acontece, pioram os casos de asma, rinite (inflamação da mucosa do nariz) e sinusite alérgica. Se as partículas de ácido sulfúrico e ácido nítrico solúveis na chuva se infiltram nos brônquios, reduzem os seus mecanismos de defesa contra infecções, predispondo ao aparecimento de broncopneumonias. Se chegam aos pulmões, podem aumentar os riscos de enfisemas.

CFC (Clorofluorcarbono)

Também conhecido por freon, esse gás, criado em 1928, tem sido empregado largamente como propelente em vários tipos de aerossóis, como também na indústria de refrigeração (geladeiras e condicionadores de ar). Esse gás, assim como os óxidos de nitrogênio, exerce um efeito destrutivo sobre a camada de ozônio (O_3).

A camada de ozônio é uma faixa gasosa situada entre cerca de 15 e 45 km acima da superfície terrestre e atua como um verdadeiro escudo protetor, capaz de filtrar o excesso da radiação ultravioleta que incide sobre a Terra.

O excesso de radiação ultravioleta é extremamente prejudicial aos seres vivos, devido aos seus efeitos mutagênicos e cancerígenos.

A maior incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície da Terra poderá provocar um aumento na taxa de mutações nos seres vivos e também elevar o número de casos de câncer de pele nas pessoas. O excesso dessa radiação também poderá afetar a produtividade de inúmeras culturas agrícolas e comprometer a atividade do fitoplâncton, com prejuízos sobre as cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Admite-se, ainda, que o clima do planeta sofreria modificações, com a superfície terrestre tornado-se mais quente.

Muitos países, inclusive o Brasil, assinaram um documento comprometendo-se a parar completamente a produção e a utilização do CFC.

Partículas sólidas em suspensão no ar

Além dos poluentes gasosos, muitos resíduos sólidos prejudiciais existem em suspensão no ar. São de vários tipos e se originam de diferentes fontes. Como exemplos, podemos citar: partículas de sílica, partículas de amianto e partículas de chumbo.

A inspiração de partículas de sílica pode acarretar uma doença grave, a silicose, que leva à formação de um tecido fibroso nos pulmões, reduzindo progressivamente a capacidade respiratória do indivíduo, podendo, inclusive, levá-lo à morte. Essa doença é mais frequente em pessoas que trabalham em ambientes ricos em sílica, como interior de minas e áreas de exploração de minérios.

Partículas de amianto, quando inaladas, causam uma doença chamada asbestose que, à semelhança da silicose, caracteriza-se pela formação de tecido fibroso no pulmão. Além disso, o amianto tem efeito comprovadamente cancerígeno e, assim, quando partículas desse material são inspiradas junto com o ar, aumentam-se as probabilidades de se desenvolver o câncer pulmonar. O amianto está presente em diversos materiais, como na lona de freios de automóveis. Assim, cada vez que um carro é freado, desprendem-se algumas partículas de amianto.

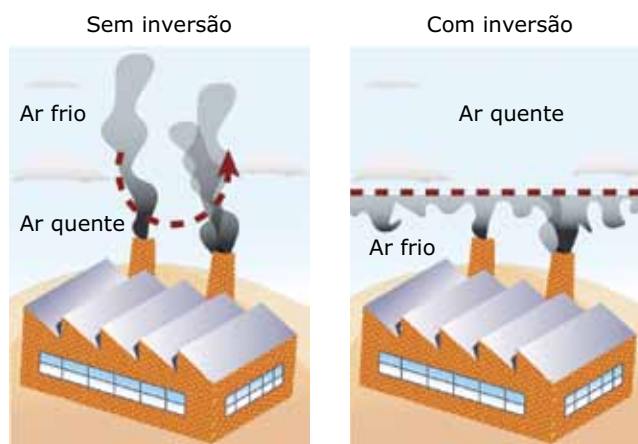
Partículas de chumbo têm origem em diversas indústrias (indústria de cristais, fundições). Nos países onde se usa o tetraetilato de chumbo (chumbo-tetraetila) como aditivo da gasolina, a queima desse combustível pelos automóveis também libera resíduos contendo chumbo. O acúmulo de chumbo em nosso organismo causa uma doença chamada saturnismo. O chumbo provoca efeitos altamente tóxicos no metabolismo celular, uma vez que atua como inibidor enzimático. Um indivíduo com saturnismo apresenta perturbações nervosas, nefrites crônicas, paralisia cerebral e confusão mental, além de ter a síntese de hemoglobina afetada, o que provoca anemia. Por vezes, a intoxicação pelo chumbo afeta o sistema digestório, causando cólicas, vômitos e náuseas. Em muitos países, os altos níveis de chumbo verificados no sangue das pessoas fizeram com que se abandonasse o uso de aditivos à gasolina contendo chumbo em sua composição. O Brasil produz gasolina sem chumbo desde 1989.

Esses são alguns poluentes encontrados no ar atmosférico, especialmente no das grandes cidades e no das áreas mais industrializadas. O fenômeno atmosférico da inversão térmica, que ocorre em certas épocas do ano, principalmente no inverno, pode contribuir ainda mais para agravar a poluição atmosférica.

O fenômeno da inversão térmica, como o próprio nome indica, consiste numa inversão da temperatura das camadas de ar superiores e inferiores. Normalmente, o ar que fica mais próximo da superfície terrestre é mais quente, enquanto o das camadas mais superiores da atmosfera é mais frio. Nessas condições, o ar frio (mais denso) desce, enquanto o ar mais quente (menos denso) sobe, acarretando um fluxo contínuo de ar entre as altas e baixas camadas da atmosfera. O ar quente, ao subir, carrega muitos poluentes, principalmente gasosos, facilitando, assim, a dispersão deles.

Alterações climáticas, principalmente no inverno, podem inverter a situação descrita acima. Assim, o solo esfria ou o ar das camadas superiores se aquece, de maneira que o ar das camadas inferiores, agora mais frio, não sobe, interrompendo o fluxo de ar entre as altas e as baixas camadas da atmosfera. Com isso, há um aumento da concentração de poluentes nas camadas mais inferiores do ar. Esse fenômeno, quando acontece, agrava ainda mais a poluição atmosférica, uma vez que os poluentes ficam retidos e concentrados no ar inferior. Esse ar com maior concentração de poluentes, estacionado sobre uma cidade, por exemplo, contribui para que haja um aumento significativo de pessoas afetadas por doenças, principalmente respiratórias. Essa névoa contendo diversos poluentes é conhecida por *smog* (palavra inglesa formada pela contração de *smoke,* fumaça; e *fog,* névoa).

Sem inversão

Com inversão

A poluição do ar, embora não possa ser evitada totalmente de forma eficaz, pode e deve ser controlada de modo a minimizar os seus efeitos altamente nocivos.

Muitas indústrias lançam diariamente na atmosfera uma mistura de gases contendo, muitas vezes, numerosas partículas sólidas em suspensão. O lançamento dessas partículas sólidas na atmosfera pode ser reduzido através de diferentes métodos.

Além dos poluentes sólidos, não podemos nos esquecer dos gasosos, que muitas vezes podem passar desapercebidos por serem incolores ou inodoros. Contra eles, também existem medidas que, quando adotadas corretamente, contribuem para a redução dos mesmos na atmosfera.

Muitos dos poluentes gasosos têm origem na combustão incompleta, isto é, os combustíveis utilizados por muitas indústrias e também pelos veículos não são inteiramente queimados, dando origem a gases tóxicos e venenosos, como CO, NO_2 e SO_2. Para esses poluentes também existem "filtros" para atenuar a liberação deles na atmosfera. Os catalisadores, utilizados no escapamento dos automóveis, por exemplo, transformam o monóxido de carbono e compostos voláteis em CO_2 e H_2O.

Outra alternativa é a de substituir, quando possível, os combustíveis derivados do petróleo por formas alternativas de energia menos poluentes, como a energia elétrica. As principais indústrias automobilísticas têm desenvolvido pesquisas nesse sentido. O carro elétrico, embora ainda não tão eficiente quanto o que usa motor a explosão, já é uma realidade.

O rodízio de veículos e o estímulo ao uso do transporte coletivo, principalmente nos grandes centros urbanos, além de melhorarem as condições de trânsito, também contribuem para a diminuição do lançamento de poluentes na atmosfera. Para isso, entretanto, é preciso que a população tenha à sua disposição uma rede eficiente, digna e segura de transporte coletivo. Só assim, as pessoas que normalmente usam o automóvel particular se sentirão estimuladas a utilizar os meios de transporte coletivo.

Medidas para reduzir a poluição atmosférica existem. O que falta, com raras exceções, é a sua adoção por parte dos governantes e dos grandes complexos industriais. Muitas dessas medidas, evidentemente, entram em choque com os interesses econômicos devido aos custos elevados da aquisição e da manutenção dos equipamentos antipoluentes. Daí a necessidade de uma legislação ambiental rígida que obrigue a instalação e manutenção de filtros antipoluentes nas indústrias. Mas não basta apenas a criação de leis de proteção ao meio ambiente. É preciso que elas sejam cumpridas. É preciso uma fiscalização atuante e permanente, que penalize duramente os infratores.

Algumas medidas, por outro lado, não requerem custos muito elevados e são de fácil aplicação. É o caso, por exemplo, da instalação e preservação de áreas verdes, principalmente em centros urbanos e suas proximidades, pois os vegetais atuam como barreiras e "filtros" antipoluidores, absorvendo muitas substâncias tóxicas presentes no ar. Também a educação e a conscientização de todos são bastante necessárias para ajudar a preservar essas áreas, evitando os atos de vandalismo praticados contra nossas árvores.

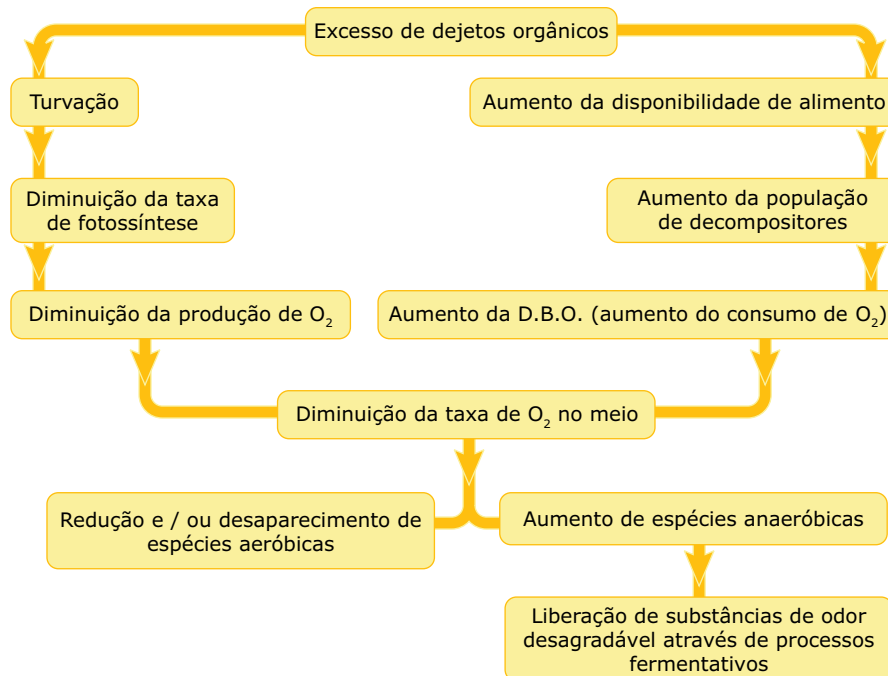
POLUIÇÃO DA ÁGUA

Qualquer alteração que torne os ecossistemas aquáticos impróprios às formas de vida que normalmente eles abrigam se constitui num fenômeno de poluição da água. Tais alterações podem ser causadas pelo lançamento nesses ecossistemas de excesso de dejetos orgânicos (esgotos domésticos e industriais), por inúmeros tipos de substâncias químicas que são despejadas por diferentes tipos de indústrias, por agrotóxicos diversos que são aplicados nas lavouras e que através de enxurradas chegam até os cursos-d'água, pelo derramamento de petróleo, etc.

Um dos tipos de poluição da água é desencadeado pela eutrofização ou eutroficação (enriquecimento com nutrientes) dos cursos-d'água, devido ao excesso de dejetos orgânicos (lixo, esgoto doméstico, esgoto industrial) contendo nutrientes diversos, suscetíveis de sofrerem decomposição por parte de muitas espécies de micro-organismos.

Um clássico exemplo de eutrofização é o resultante do lançamento excessivo de esgotos domésticos nos cursos-d'água. O excesso de resíduos orgânicos contendo nutrientes na água (excesso de alimento) favorece o desenvolvimento de uma superpopulação de micro-organismos decompositores, notadamente bactérias aeróbias. Evidentemente, com o aumento da população desses micro-organismos aeróbios, há um aumento do consumo de oxigênio (O_2). O consumo de oxigênio pelas comunidades aquáticas é conhecido por D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Pode-se dizer, então, que há um aumento da D.B.O.

Por outro lado, o excesso de despejo de resíduos orgânicos torna as águas cada vez mais turvas, dificultando a entrada de luz e, consequentemente, diminuindo a atividade de fotossíntese realizada pelos produtores. O resultado é menos O_2 disponível no ambiente, uma vez que o consumo total de oxigênio por parte da comunidade torna-se maior do que sua produção através da fotossíntese e, também, maior do que sua entrada por difusão pela superfície da água. Assim, a taxa de O_2 dissolvido na água vai se reduzindo acentuadamente com o decorrer do tempo e, com isso, acarretando a morte por asfixia de espécies aeróbias. O ambiente, então, passa a ter uma nítida predominância de organismos anaeróbios, como algumas espécies de bactérias e protozoários, que obtêm energia dos alimentos através de processos fermentativos. Essas fermentações, muitas vezes, produzem substâncias malcheirosas, como o ácido sulfídrico (H_2S), que tem odor semelhante ao de ovo podre.

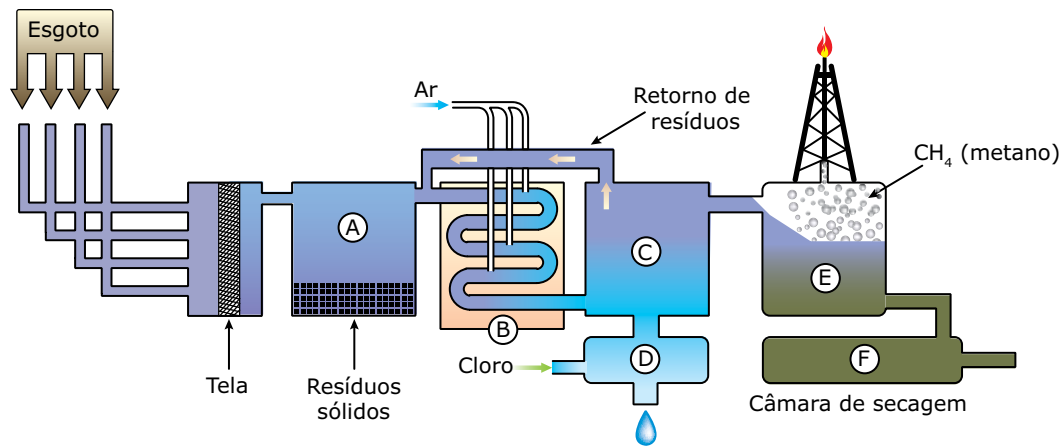
A seguir, temos a sequência de eventos num curso-d'água, a partir do momento em que o mesmo começa a receber um volume muito grande de dejetos orgânicos.

Devido a essa sequência de eventos, desencadeada pela eutrofização por esgotos humanos, os rios que banham as grandes cidades do mundo tiveram sua flora e fauna destruídas, tornando-se verdadeiros esgotos a céu aberto, com águas totalmente impróprias para o consumo da população. É o que aconteceu, por exemplo, com o Ribeirão Arrudas, em Belo Horizonte, e com o Rio Tietê, em São Paulo. O lançamento de esgotos nos rios acarreta, ainda, a propagação de doenças causadas por vermes, bactérias e vírus, como também contribui para a poluição atmosférica, uma vez que pode liberar H_2S que, na atmosfera, é convertido em SO_2, cujos efeitos nocivos já foram discutidos.

Para o combate à poluição das águas, causada pelo lançamento de esgotos contendo dejetos orgânicos, existem muitas medidas que, quando aplicadas de modo correto, ao lado de uma legislação eficiente, muito contribuem para evitar a degradação dos ecossistemas aquáticos. Uma das medidas mais eficientes nesse sentido consiste na construção de estações de tratamento e reciclagem dos esgotos.

O lançamento de esgotos *in natura* nos ecossistemas aquáticos, além de causar a destruição de muitas espécies da comunidade, notadamente das aeróbicas, traz sérios riscos de propagação de doenças causadas por vermes, bactérias, fungos e vírus patogênicos, que podem ser encontrados junto aos dejetos orgânicos. Muitas cidades litorâneas, por exemplo, despejam seus esgotos diretamente no mar, sem tratamento prévio. Isso faz com que muitas praias utilizadas por banhistas se constituam em um sério risco para a saúde pública.

Um bom indicador do grau de poluição das águas por fezes humanas (esgotos domésticos) é a grande quantidade de bactérias coliformes, como a *Escherichia coli*, presente na água. Essas bactérias normalmente vivem em nosso intestino em regime de comensalismo sem nos causar maiores problemas. Além dos coliformes, as águas podem conter outros micro-organismos, inclusive espécies patogênicas indicando a contaminação. Dosagens ou medidas constantes do número de coliformes presentes nas águas de diversas praias do nosso litoral têm mostrado, muitas vezes, a contaminação e, por isso, os banhos de mar nessas regiões têm sido desaconselhados em determinadas ocasiões.

O tratamento dos esgotos consiste na remoção das impurezas e na redução de micro-organismos neles presentes, com a finalidade de evitar que os dejetos, ao serem lançados no rio ou no mar, causem alterações indesejáveis ao meio. Com esse procedimento, é perfeitamente possível evitar, diminuir e até eliminar a poluição de rios, lagos e mares, causada pela eutrofização. Na verdade, a melhor solução para o esgoto é o seu tratamento e reaproveitamento. A água dos esgotos, uma vez removidas as impurezas e desinfetada, isto é, eliminados os organismos patogênicos nela presentes, pode ser reaproveitada, por exemplo, para sistemas de irrigação, oferecendo, nesse caso, vantagens sobre a água de outras fontes, uma vez que apresenta uma série de compostos e elementos químicos que enriquecem o solo e nutrem as plantas. Também os resíduos semissólidos, que formam o chamado lodo orgânico, resultante do tratamento dos esgotos, é aproveitado num processo de biodigestão, quando determinadas espécies de bactérias anaeróbicas o utilizam para fazer fermentações que produzem o gás metano. Por ser um combustível, o gás metano pode ser utilizado inclusive para fornecer energia para o funcionamento do maquinário da estação de tratamento ou para outra finalidade.

A figura a seguir mostra um esquema de uma estação de tratamento de esgotos.

Esquema de uma estação de tratamento de esgoto *– Na estação esquematizada na figura, o esgoto recebido, depois de passar por uma tela que retém papel, folhas, ramos, pedras etc., entra em um tanque de sedimentação (A). Nesse tanque, os componentes mais pesados se depositam, separando-se da parte líquida, e começam a sofrer a ação da atividade microbiana. A parte líquida, então, circula por grandes tubos (B), nos quais o ar é bombeado continuamente. Nesses tubos, agem micro-organismos aeróbios que, dispondo de* O_2*, decompõem totalmente, em algumas horas, o material recebido. Dos tubos (B), o material passa para outro tanque (C), de onde a parte líquida passa para o compartimento (D), onde sofre a ação do cloro, que mata os micro-organismos. É essa água, praticamente pura, que poderá ser lançada num rio, lago, mar ou, então, ser conduzida para uma estação de tratamento de água para ser reaproveitada. Cerca de 10% da lama ou lodo que sobram em (C) voltam para (B) para manter em atividade as bactérias aeróbias, e cerca de 90% vão para os tanques digestivos (E), onde estão bactérias anaeróbias. Nesses tanques digestivos (E), formam-se dois tipos de materiais: materiais não digeridos pelas bactérias e metano, um gás que elas produzem na fermentação. Os materiais não digeridos são recolhidos em outra câmara (F), onde secam, transformando-se em uma pasta que pode ser usada como fertilizante. O metano, sendo um combustível, pode ser empregado para diversas finalidades, inclusive como fonte de energia para o maquinário da própria estação de tratamento.*

Quando não existem estações de tratamento e reaproveitamento dos esgotos, algumas medidas, se não as ideais, ajudam a reduzir os efeitos nocivos da poluição dos cursos-d’água pelos esgotos. Uma delas é a escolha de um curso-d’água cujo tamanho seja compatível com a quantidade de dejetos orgânicos nele despejado. Pequenos volumes de esgoto podem condenar um pequeno rio, porém podem ser totalmente inofensivos num rio de maior porte. A escolha deve recair também sobre os cursos-d’água que apresentam maior capacidade de aeração. Sabe-se que um rio encaichoeirado ou que possui quedas-d’água renova seu oxigênio mais rapidamente do que um rio muito lento.

Um outro recurso seria aumentar a oxigenação dos cursos-d’água onde são despejados os esgotos. Rios menos encaichoeirados, com poucas quedas-d’água, assim como lagos e lagoas que recebem dejetos orgânicos, podem ser oxigenados artificialmente, seja por técnicas de borbulhamento de ar comprimido, seja por agitação mecânica.

Nas cidades litorâneas que lançam seus esgotos diretamente no mar, uma medida que, embora não seja a solução perfeita, ajuda a diminuir a poluição das águas pelos dejetos orgânicos é a construção dos chamados “interceptores oceânicos submarinos” ou “emissários oceânicos” que conduzem e despejam os esgotos a grande distância, mar adentro.

A “floração das águas” é outro exemplo de eutrofização e resulta do enriquecimento das águas com sulfatos e nitratos provenientes, principalmente, dos fertilizantes (adubos químicos) utilizados nas lavouras. Quando as águas se tornam ricas nesses nutrientes, há uma excessiva proliferação das algas microscópicas que vivem nas camadas mais superficiais, formando um “tapete” sobre as águas que impede a penetração da luz e, consequentemente, da fotossíntese nas camadas mais profundas. Assim, as algas e plantas aquáticas que vivem nas águas mais profundas morrem, e seus cadáveres, em grande quantidade, começam a sofrer ação dos decompositores. Com isso, a população de decompositores aumenta, aumentando também o consumo de oxigênio. O resultado é a diminuição do oxigênio dissolvido na água e, consequentemente, a morte dos seres aeróbios. Em pouco tempo, a atividade decompositora aeróbia cede lugar para os decompositores anaeróbios.

Diversas indústrias, usinas e diferentes atividades humanas vêm lançando nas baías, rios, lagoas e mares um grande número de produtos tóxicos, como metais pesados, agrotóxicos, detergentes, petróleo, etc. Muitos desses produtos não são biodegradáveis, isto é, não são decompostos pelos organismos ou, então, sofrem um processo de degradação muito lento. Por isso, tais substâncias acumulam-se no meio ambiente e, através das cadeias alimentares, podem passar para os seres vivos, intoxicando-os e causando doenças que podem ser até fatais, inclusive para o próprio homem.

Os detergentes aparecem nos ecossistemas aquáticos como resultado das lavagens domésticas e industriais diversas. Normalmente, chegam aos cursos-d'água através da rede de esgotos.

Os detergentes não biodegradáveis (como o alquilbenzenosulfonato, muito utilizado pelas indústrias) chegam, em certos casos, a formar sobre a superfície das águas "montanhas de espumas" brancas conhecidas como "cisnes-de-detergentes". Essas espumas diminuem a capacidade de oxigenação da água, pois reduzem a penetração do O_2 nesses ecossistemas, afetando as diversas formas de vida aeróbica do meio. Até as aves que buscam alimentos nesses ecossistemas podem ser diretamente prejudicadas. É sabido que as aves possuem uma glândula chamada uropigiana, que produz uma secreção gordurosa para impermeabilizar suas penas, evitando seu encharcamento quando em contato com a água. Quando, no entanto, elas nadam em águas com elevada taxa de detergentes, essa secreção é retirada, as penas se encharcam e a ave acaba morrendo afogada.

Águas com elevadas taxas de detergentes também trazem prejuízos para o homem quando são utilizadas para beber, preparar alimentos, etc. Nesse caso, os detergentes causam destruição da microbiota intestinal humana.

Os detergentes, inclusive os que são biodegradáveis, podem ainda enriquecer as águas com substâncias fosfatadas, favorecendo um processo de eutrofização. As populações de bactérias decompositoras, tendo muito alimento disponível, aumentam exageradamente, passam a consumir grande parte do oxigênio dissolvido na água, reduzindo a disponibilidade de O_2, afetando ainda mais os seres aeróbicos aquáticos.

Resíduos contendo metais pesados, como o mercúrio e o chumbo, altamente tóxicos para os seres vivos, também são lançados nos cursos-d'água por diferentes indústrias e atividades humanas. Esses resíduos acumulam-se no ambiente e, através da cadeia alimentar, chegam aos seres vivos, aumentando a concentração a cada nível trófico da cadeia.

O envenenamento pelo mercúrio pode ocorrer pela ingestão de sais solúveis de mercúrio ou pela inalação de vapores de mercúrio. Em nosso organismo, os resíduos de mercúrio depositam-se principalmente no sistema nervoso. As pessoas podem ficar cegas, com mãos e pés retorcidos, corpo esquelético e o sistema nervoso deteriorado, podendo vir a falecer.

Um exemplo trágico por contaminação pelo mercúrio ocorreu no Japão, em 1953, quando uma indústria lançou na baía de Minamata resíduos com mercúrio, usado como catalisador. Através da cadeia alimentar, o mercúrio despejado nas águas dessa baía passou para as algas, moluscos e peixes. A contaminação desses alimentos pelo homem vitimou cerca de 120 pessoas que tiveram perda da coordenação dos movimentos, dificuldades no falar, ouvir e comer. Algumas crianças, afetadas durante o período de gestação, nasceram anormais.

Em nosso país, a atividade de garimpagem ilegal do ouro ainda utiliza o mercúrio, que forma uma amálgama (mistura) com o ouro. Em seguida, com o uso de maçaricos, o garimpeiro faz evaporar o mercúrio, obtendo, então, o ouro desejado. Esse mercúrio evaporado é, em grande parte, inalado pelo próprio garimpeiro, intoxicando-o. O mercúrio utilizado nas zonas de garimpo também pode contaminar as águas dos rios e passar para os seres vivos através das cadeias alimentares.

Resíduos de chumbo provenientes de indústrias diversas também são lançados nos cursos-d'água e, à semelhança do mercúrio, podem, via cadeia alimentar, passar para os seres vivos. Em nosso organismo, conforme já vimos, o acúmulo de chumbo acarreta uma doença grave chamada saturnismo.

Pesticidas, praguicidas ou agrotóxicos são produtos químicos utilizados para combater as pragas animais ou vegetais que prejudicam o homem e as plantas cultivadas. Dependendo das pragas a que se destinam, podem ser denominados inseticidas (para o combate de insetos), fungicidas (para o combate aos fungos), raticidas (para o combate aos ratos), herbicidas (para o combate às ervas daninhas), etc. Algumas dessas substâncias, como os inseticidas fosforados (Malathion, Parathion, etc.), embora dotados de médio e curto poder residual, pois são degradados no ambiente de forma relativamente rápida, são muito tóxicos e, quando introduzidos em nosso organismo, podem inibir a ação de enzimas importantes que atuam na condução dos impulsos nervosos, causando tremores, paralisia muscular temporária, dificuldades respiratórias e até morte. Já os inseticidas clorados (Eldrin, Aldrin, BHC, DDT, etc.), embora menos tóxicos do que os fosforados, são dotados de médio e alto poder residual e, por isso, podem se acumular nos ecossistemas por longos períodos de tempo. Esses inseticidas têm uma notável resistência à biodegradação, podendo, em média, persistir ativos de dez a quinze anos no ambiente. Do ambiente podem ser introduzidos nos seres vivos através das cadeias alimentares, aumentando a concentração a cada elo. O acúmulo desses inseticidas nos organismos afeta principalmente os sistemas nervoso e respiratório, podendo, inclusive, causar a morte. Além disso, esses inseticidas ameaçam de extinção diversas espécies de animais, principalmente aves, pois, além de causarem esterilidade, agem sobre a casca dos ovos, diminuindo sua calcificação, enfraquecendo-a e impedindo o desenvolvimento completo do embrião.

O uso abusivo de inseticidas tem proporcionado também, através da seleção natural, o aumento das populações de insetos resistentes, alguns dos quais já estão sendo chamados de "superinsetos" devido à grande dificuldade de sua erradicação com o uso de substâncias químicas.

Uma medida que muito ajudaria a combater a poluição dos cursos-d'água seria o uso correto, principalmente por parte dos agricultores, dos pesticidas ou agrotóxicos. Um grande problema do uso dessas substâncias químicas está nos abusos praticados pelo homem. Para os pesticidas vale a mesma observação aplicada em muitos medicamentos: o limite entre o veneno e o remédio está na dosagem aplicada. De fato, muitas dessas substâncias químicas são com frequência utilizadas em doses muito superiores àquelas necessárias. Como consequência, temos o envenenamento das águas, do solo e dos alimentos, com efeitos desastrosos para a nossa saúde. É necessário que se façam campanhas de esclarecimento, principalmente junto aos agricultores, sobre o uso correto e adequado dos pesticidas. Paralelamente, faz-se necessário também um aumento da fiscalização da fabricação, comercialização e uso dessas substâncias.

A substituição, sempre que possível, do combate químico pelo combate ou controle biológico é outra medida que muito contribui para combater a poluição ambiental.

O controle biológico consiste em combater espécies que são nocivas ao homem e às lavouras, eliminando ou reduzindo os prejuízos causados por elas, sem causar danos ao ambiente e às outras espécies. Quando bem planejado por técnicos especializados, o controle biológico traz nítida vantagem em relação ao uso de pesticidas, uma vez que não polui o ambiente e não causa desequilíbrio nos ecossistemas. Entre as diversas modalidades de controle biológico, podemos citar:

A) **Introdução no ambiente de um inimigo natural (predador ou parasita) da espécie nociva que se quer combater** – Sua finalidade é diminuir a densidade populacional da espécie nociva, mantendo-a em níveis compatíveis com os recursos do meio ambiente. Como exemplo desse tipo de controle biológico, podemos citar:

- *Baculovirus anticarsia*: vírus utilizado no combate à lagarta-da-soja.
- *Coccinella septempunctata*: inseto conhecido popularmente como joaninha, que atua como predador de diversas espécies de pulgões.

B) **Controle genético pela liberação de machos estéreis** – Trata-se de uma modalidade do controle biológico, que consiste na esterilização de machos, já utilizada com sucesso com algumas espécies de insetos, por exemplo, no combate aos mosquitos anofelinos. Consiste em criar em laboratório milhares de mosquitos da espécie a ser controlada. As pupas que originarão machos são tratadas por raio X ou por um produto quimioesterilizante, transformando-se, assim, em machos potentes, porém estéreis. Esses machos são então soltos no ambiente, em pontos estratégicos, indo copular as fêmeas, que não produzirão ovos férteis. Assim, com o decorrer do tempo, há uma diminuição da população desses insetos no ambiente.

O controle biológico, entretanto, pode trazer consequências desastrosas quando aplicado sem um estudo prévio do comportamento das espécies envolvidas. Um exemplo célebre de controle biológico malsucedido, conforme já foi visto, ocorreu na Austrália, quando houve a introdução de coelhos com o propósito de se combater ervas daninhas que infestavam os pastos que serviam de fonte de alimento para o gado.

O petróleo, importante combustível com larga utilização pelo homem, também pode se constituir num poluente. Não raro, os ecossistemas aquáticos, notadamente os marinhos, são vítimas de grandes derramamentos de petróleo decorrentes de acidentes com navios petroleiros e com plataformas de exploração. As imensas manchas negras que se formam sobre a superfície das águas dificultam a penetração dos raios luminosos, diminuindo a atividade fotossintética do fitoplâncton e, consequentemente, a oxigenação da água. A difusão do O_2 do ar para a água do mar é também afetada. Além disso, o petróleo adere às brânquias de peixes e outros animais marinhos, impedindo as trocas respiratórias, matando-os por asfixia.

Também as aves marinhas piscívoras, ao entrarem em contato com o óleo, perdem o "colchão" de ar retido entre as penas, fato que representa a perda de um meio de proteção contra o frio. Além disso, com as penas molhadas e impregnadas de petróleo, não podem mais se deslocar à cata de alimentos; na tentativa de se livrarem do óleo, ingerem-no, morrendo intoxicadas. Dissecações em muitas dessas aves mostram lesões no fígado, nas glândulas suprarrenais, impermeabilização de mucosas e destruição da microbiota intestinal.

Também pode ocorrer a poluição física da água, que consiste, principalmente, na poluição térmica, isto é, no aquecimento das águas naturais pela introdução de água ainda muito aquecida, utilizada na refrigeração de maquinários de centrais elétricas, usinas nucleares, refinarias, siderúrgicas e diversas outras indústrias. A elevação da temperatura da água afeta a solubilidade do O_2, fazendo com que esse gás escape mais rapidamente para a atmosfera, consequentemente, acarretando uma diminuição da sua disponibilidade na água com prejuízos para a vida aquática aeróbia. O impacto térmico, ainda, exerce efeito nocivo para muitas espécies aquáticas que são estenotérmicas, isto é, espécies que não suportam grandes variações de temperatura.

Esse tipo de poluição é facilmente combatido e evitado, bastando que essas águas muito aquecidas, provenientes da refrigeração do maquinário de muitas indústrias, sejam coletadas em tanques ou reservatórios apropriados, esfriadas e, posteriormente, reaproveitadas ou, então, lançadas num curso-d'água.

DESTRUIÇÃO E POLUIÇÃO DO SOLO

Direta ou indiretamente relacionado com a agricultura e a pecuária, o solo é substrato para importantes fontes de sustento para a humanidade e muitas outras espécies de seres vivos. Entretanto, diversos fatores e atividades vêm provocando, especialmente nos últimos tempos, a destruição de várias regiões originalmente férteis. Calcula-se que extensas áreas de solo são perdidas anualmente devido ao desmatamento e às práticas incorretas de agricultura. Muitas áreas cultiváveis também desaparecem com a construção de edifícios e estradas nos países desenvolvidos. Para se ter uma ideia, o estado de São Paulo, por exemplo, tem hoje apenas 5 a 6% de sua vegetação original, quando o mínimo recomendado por organizações mundiais é de 30%.

A destruição dos solos afeta os seres vivos de várias maneiras: diminui a produção de alimentos, aumenta a poluição do ar, provoca desequilíbrios ecológicos, impede a fixação do homem no campo, gerando problemas sociais, etc.

Entre as principais causas de destruição dos solos, temos:

Desmatamento

Uma das consequências mais graves do desmatamento ou desflorestamento é a instalação na área devastada de um processo acelerado de erosão.

A vegetação natural protege o solo de diversas maneiras. A transpiração constante das folhas provoca uma distribuição mais uniforme das chuvas, que, com a remoção das matas, passam a ser torrenciais, favorecendo a ocorrência de inundações. A vegetação densa também protege contra os ventos e evita o impacto direto da água das chuvas no solo. Além disso, as raízes das plantas contribuem para reter a água das chuvas, impedindo ou diminuindo a formação de enxurradas.

Com a retirada da cobertura vegetal protetora, os ventos e as enxurradas arrastam a camada superficial do solo, deixando-o mais exposto ao sol. Assim, a camada fértil de húmus e micro-organismos decompositores é rapidamente destruída, instalando-se na área um processo acelerado de erosão.

Em consequência do desmatamento, podemos ter também o processo de desertificação, isto é, a transformação de uma região em Deserto. Há uma relação direta entre o desmatamento e a formação de Desertos. Quando existe vegetação, parte da água das chuvas fica retida no solo, enquanto o restante escorre pela superfície ou se evapora, voltando para a atmosfera. Uma parte da água retida no solo é absorvida pelos vegetais e depois volta à atmosfera pela transpiração. A outra parte vai parar nos rios.

A água que volta à atmosfera se condensa e forma nuvens, que serão responsáveis por novas chuvas. Isso quer dizer que também existe uma relação direta entre o desmatamento e o regime de chuvas.

Vimos o que ocorre se existir vegetação sobre o solo. Na sua ausência, o solo fica exposto aos raios solares e se aquece. Com o aquecimento, há evaporação, e a água das camadas mais profundas vem até a superfície. Essa água que sobe traz consigo sais de ferro e outros sais que se precipitam na superfície e formam crostas duras e impermeáveis. Essas crostas, cujo aspecto lembra ladrilhos, impedem a entrada de água no solo e contribuem para a desertificação.

O problema da desertificação tem chamado a atenção pela velocidade com que vem ocorrendo. Segundo o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, a cada ano, 6 milhões de hectares de terras produtivas são transformadas em Desertos. As causas apontadas são as seguintes: desenvolvimento urbano sem planejamento, desmatamento excessivo, uso inadequado e abusivo de agrotóxicos e desgaste natural do solo.

Também os ecossistemas aquáticos são afetados pela destruição do solo causada pelo desmatamento: os rios e lagos sofrem rapidamente o assoreamento, isto é, tornam-se cada vez mais rasos, já que vão sendo aterrados pelo material removido do solo, podendo transbordar e inundar as terras marginais.

Queimadas

Muitas vezes o desmatamento é realizado por meio de queimadas, prática utilizada por muitos agricultores para "limpar" o terreno e prepará-lo para o plantio ou criação de gado. Essa prática condenável contribui para acelerar o processo de erosão e esterilidade do solo. O fogo destrói os micro-organismos e a cobertura vegetal que forma o húmus. Assim, a fertilidade inicial, resultante dos sais minerais presentes nas cinzas, é passageira: após algumas colheitas o terreno tem de ser abandonado.

Monocultura

O cultivo de um único tipo de planta em áreas extensas provoca o rápido esgotamento de certos nutrientes do solo e, por ser um ambiente extremamente simplificado, esse tipo de cultura é muito suscetível ao ataque de pragas. Em vista disso, a monocultura necessita do uso constante de adubos, de fertilizantes químicos e de pesticidas. O excesso de fertilizantes químicos destrói os micro-organismos do húmus, contamina alimentos e pode provocar a eutrofização dos cursos-d'água da região. Os pesticidas, conforme vimos, quando usados incorretamente, também poluem os alimentos e a água.

Pastoreio excessivo

Apesar de ser importante para a subsistência do homem, a criação de gado, quando em excesso num pasto, pode também acarretar a destruição do solo. Isso ocorre porque cada região só tem condições para manter um número determinado de herbívoros. Quando esse número ultrapassa a capacidade de sustentação do terreno, a pastagem e o pisoteio excessivo destroem rapidamente a vegetação a tal ponto que ela não consegue mais se renovar. As consequências do pastoreio excessivo são principalmente o esgotamento do solo e o aparecimento da erosão.

As necessidades da atual população humana exigem que um grande número de regiões do planeta seja desmatado e cultivado. Não podemos simplesmente preservar toda a vegetação no seu estado natural, pois isso equivaleria a não produzir a quantidade de alimento necessária à sobrevivência da espécie humana. No entanto, o fato de cultivar não significa que o esgotamento do solo, a erosão e outros problemas sejam inevitáveis. É preciso apenas que a exploração da natureza seja feita de modo adequado. É o que se denomina desenvolvimento sustentado, ou seja, é preciso conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação dos ambientes naturais. As queimadas, por exemplo, devem ser condenadas, pois do modo como vêm sendo feitas, podem acabar transformando terras férteis em verdadeiros Desertos.

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas com o objetivo de melhor proteger o solo contra a erosão. É o caso, por exemplo, das culturas em terraços, nas quais as plantações formam degraus ao longo de uma encosta, evitando assim que a terra seja arrastada pelas águas das chuvas.

A rotação de culturas é outra medida importante para proteger o solo contra o esgotamento de nutrientes. Isso é feito cultivando, alternadamente, numa mesma área, plantas que tenham necessidades diversas de sais minerais, ou, então, alternando plantações de leguminosas com não leguminosas. As leguminosas, conforme já vimos no ciclo de nitrogênio, enriquecem o solo com compostos nitrogenados. Do mesmo modo, a associação entre animais e plantas, que consiste em cultivar o solo por alguns anos e posteriormente usá-lo como pastagem, permite que as fezes dos animais sejam usadas como adubo orgânico de forma racional, recuperando a terra para a lavoura.

Não se deve esquecer, também, que ao lado de áreas destinadas a culturas devem existir, ao mesmo tempo, uma região com vegetação natural, ocupando áreas críticas como as encostas, divisores de águas e nascentes. Entre as lavouras também podem ser mantidas faixas de vegetação baixa. Essas vegetações naturais protegem o solo contra a erosão, conservam os insetos e os animais úteis à agricultura e evitam a disseminação de pragas. Por outro lado, a área a ser cultivada deve ser submetida a planejamento e aproveitada de acordo com a sua potencialidade.

No que se refere à poluição do solo, os principais poluentes são:

- **Fezes humanas** – Podem conter ovos de vermes, cistos de protozoários, bactérias, etc., responsáveis por diversas doenças.
- **Lixo e vetores que o infestam** – Moscas, mosquitos e ratos, que são vetores (transmissores) de diversas doenças, encontram no lixo um meio ideal para sua proliferação.

Uma das principais causas de poluição do solo é a deposição de lixo. A decomposição das substâncias que constituem o lixo forma produtos ácidos que poluem o solo. Além disso, muitas substâncias que compõem o lixo industrial são tóxicas e afetam a vida vegetal.

A eliminação do lixo é problemática e cara. O amontoamento de lixo a céu aberto, embora mais rápido e econômico, tem muitos inconvenientes, tal como o mau cheiro e a proliferação de pragas, entre as quais moscas, mosquitos e ratos. Por isso, atualmente, se usam para o tratamento do lixo as usinas de compostagem, os aterros sanitários e os incineradores.

Nas usinas de compostagem, separa-se o lixo: dele são retirados objetos e materiais reaproveitáveis, como papéis, latas, garrafas, etc. Os restos orgânicos desse lixo sofrem, então, a ação de micro-organismos decompositores, transformando-se numa espécie de húmus, que é utilizado como fertilizante agrícola.

Os aterros sanitários são lugares que recebem certa quantidade de lixo e depois são recobertos por terra. Pela incineração, o lixo é queimado, de modo que os nutrientes nele encontrados não são reciclados.

Praguicidas

São substâncias utilizadas no combate às pragas na agricultura. Sua finalidade é a obtenção de melhores colheitas, o que, infelizmente, não se dá sem que os ecossistemas sejam agredidos. Como exemplo, temos a morte de insetos que não são pragas e são úteis na polinização das flores. A alta concentração dessas substâncias pode também comprometer o húmus: a queda das folhas com excesso de praguicidas mata os micro-organismos decompositores que vivem na superfície do solo.

Essas substâncias também provocam o envenenamento dos alimentos que consumimos e podem trazer graves consequências para a saúde humana, como os inseticidas fosforados, que são capazes de inibir a enzima colinesterase, cuja função no organismo é degradar a acetilcolina liberada nas sinapses nervosas. Em consequência, provocam paralisia muscular, que, se envolver os músculos respiratórios, pode levar o indivíduo à morte.

LEITURA COMPLEMENTAR

Noções de Legislação Ambiental

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 dedica todo um capítulo ao meio ambiente, destacando, no artigo 225, que a preservação e a defesa do mesmo é obrigação do Estado e da sociedade.

Art. 225*. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I. preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e dos ecossistemas;

II. preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e à manipulação de material genético;

III. definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV. exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V. controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI. promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII. proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão competente, na forma da lei.

§ 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e a sua utilização far-se-á na forma de lei, dentro das condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º As usinas que operam com reator nuclear deverão ter sua localização definida por lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

Em nosso país, existem muitas leis que protegem a fauna, a flora, os recursos hídricos e minerais e que determinam punição para vários tipos de poluição. Uma das mais importantes é a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9 605), sancionada com alguns vetos em 12 de fevereiro de 1998, que estabelece sanções criminais aplicáveis às atividades lesivas ao meio ambiente. Além de consolidar as sanções criminais previstas no Código de Caça, no Código de Pesca e no Código Florestal, essa lei tem o objetivo de responsabilizar criminalmente o poluidor e o degradador do meio ambiente. Não só o(s) responsável(eis) direto(s) pelo dano, como também aqueles que, sabendo da conduta criminosa, se omitiram ao impedir a sua prática mesmo estando ao seu alcance evitá-la. Mas não basta apenas a criação de leis de proteção ao meio ambiente. É preciso que elas sejam cumpridas de forma eficaz e que haja uma fiscalização atuante e permanente, penalizando duramente os infratores.

São necessárias a educação e a conscientização das pessoas, a fim de ajudar na proteção e na preservação do meio ambiente. A educação ambiental iniciada já nos primeiros anos de vida do cidadão, talvez seja a mais importante de todas as medidas. Dessa maneira se formará, em cada indivíduo, uma consciência ecológica, mostrando aos mesmos a importância do meio ambiente na vida das pessoas e como cada um pode contribuir para a melhoria das condições ambientais.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FGV-SP) Assinale a afirmativa **ERRADA**.

A) A água, além de poluída por dejetos industriais e esgotos, pode também ser poluída pela agricultura.

B) A poluição da água com substâncias não biodegradáveis pode perturbar todo o equilíbrio ecológico de uma região.

C) A poluição atmosférica se dá não só pela indústria, mas também pela circulação de carros e ônibus.

D) A inversão térmica, que tem ocasionado problemas de saúde em áreas industriais, é ocasionada pela poluição atmosférica.

E) A inversão térmica, que tem ocasionado problemas de saúde em áreas industriais, agrava a poluição atmosférica.

02. (FCMMG–2006)

O crescimento das emissões de dióxido de carbono na atmosfera começou no século XVIII e acelerou nos últimos cinquenta anos, de acordo com o gráfico anterior. Sobre esse fenômeno, podemos afirmar, **EXCETO**

A) Pode comprometer a sobrevivência de espécies marinhas e dos polos.

B) Tem provocado a redução das calotas de gelos polares.

C) É a causa principal do aquecimento global da Terra, devido ao efeito estufa.

D) É responsável pelas *Tsunami* que provocam enchentes e inundações.

03. (PUC Minas–2006)

Aquecimento global pode dividir a Amazônia

Eventos climáticos externos, como secas induzidas pelo aquecimento global e pelo desmatamento, podem dividir a Amazônia em duas e transformar em Cerrado uma área de 600 mil quilômetros quadrados. O alerta é de pesquisadores que fizeram um mapa das áreas mais sensíveis da Floresta à seca, usando os registros de precipitação dos últimos cem anos. O grupo de cientistas descobriu que uma faixa de mata correspondente a 11% da área da Floresta tem padrões de precipitação mais semelhantes aos do Cerrado. Essa seria a primeira zona a "tombar" caso se confirmem cenários propostos de "savanização" (conversão em Cerrados) da Amazônia.

FOLHA DE S. PAULO*,* 16 fev. 2006.

Com base no assunto apresentado, assinale a afirmativa **INCORRETA**.

A) Essa "Amazônia seca" possui vegetação com maiores índices de evapotranspiração, e seus solos tendem a ficar mais secos durante os meses sem água do que solos de regiões úmidas.

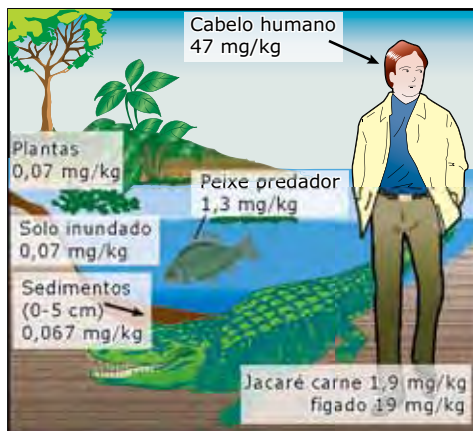
B) Em caso de transformação da Floresta em Cerrado, a área se tornaria muito mais vulnerável a incêndios florestais, que poderiam mudar também a cobertura vegetal.

C) Um desses fatores de transformação pode ser o desmatamento, já que boa parte das chuvas na Floresta Tropical é gerada, dentro da própria mata, por evaporação de água do solo e das folhas.

D) Outro fator considerado seria o aquecimento global, porém em menor proporção, pois não afeta as regiões não desmatadas.

04. (UFS) Três represas estão recebendo poluentes provenientes da utilização de agrotóxicos em plantações vizinhas. A represa A tem 500 000 litros de água e recebeu 50 gramas de poluentes. A represa B, de 50 000 litros, também recebeu 50 gramas de poluentes e a represa C, com 1 000 000 litros, recebeu 100 gramas de agrotóxicos. O padrão de qualidade estabelecido para esse poluente é de 0,001 grama/litro. Considerando essas condições, pode-se afirmar que

A) as três represas estão poluídas.
B) a poluição das represas A e B é igual.
C) a represa poluída é a C.
D) as concentrações de poluentes em B e C são iguais.
E) as concentrações de poluentes em A e C são iguais.

05. (FCMMG–2006)

O mercúrio utilizado pelos garimpeiros em mineração de ouro é um poluente do meio ambiente que se incorpora à cadeia alimentar.

Pelo esquema anterior, que retrata o ciclo desse metal, podemos concluir:

A) O mercúrio tem efeito cumulativo; uma vez ingerido, não é eliminado.
B) O baixo índice de mercúrio nas plantas não representa nenhum perigo para o homem.
C) Animais aquáticos apresentam elevados índices de mercúrio por absorvê-lo diretamente do meio em que vivem.
D) A taxa de mercúrio em peixes independe de estes serem herbívoros ou carnívoros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) As condições climáticas, tipo de solo, disponibilidade de água e alimentos, características atmosféricas, distribuição da fauna e da flora não são as mesmas em todas as regiões brasileiras, que apresentam uma grande variedade de espécies animais e vegetais. Para que um animal ou planta sobreviva, é necessário que o meio possua características de um hábitat adequado, ideal para cada espécie. Em consequência do avanço tecnológico, o homem vem alterando o meio ambiente de maneira inadequada, levando várias espécies de animais e plantas a uma ameaça constante de extinção.

Um exemplo disto é o que está ocorrendo a uma espécie de sagui, o *Callithrix flaviceps*, pequeno primata encontrado em certas áreas do Sudeste brasileiro e que tem o seu hábitat reduzido a cada dia. Visando à manutenção do equilíbrio ecológico, o procedimento mais **CORRETO** para evitar a extinção do *Callithrix flaviceps* é

A) introduzir numerosos casais desses saguis em áreas de reflorestamento com eucalipto.
B) eliminar espécies predadoras.
C) colocar grande número desses saguis nos zoológicos de todo o país.
D) interferir geneticamente, induzindo tal espécie a uma adaptação mais rápida a novos ambientes.
E) preservar áreas naturais onde vivem esses saguis, transformando-as em reservas biológicas.

02. (UFV-MG) Num lago, poluído por produtos clorados (DDT, por exemplo), o grupo da cadeia trófica que deverá apresentar maior concentração do produto é

A) peixes planctófagos.
B) peixes carnívoros.
C) aves piscívoras.
D) fitoplâncton.
E) zooplâncton.

03. (FGV-SP) O controle biológico é mais vantajoso que o uso de inseticidas no combate a um inseto-praga porque

A) prejudica apenas as plantas afetadas pela praga.
B) a morte dos insetos-praga é indolor.
C) provoca danos aos inimigos naturais dos insetos-praga.
D) mata indiscriminadamente todos os seres vivos da região infestada.
E) evita acúmulo de substâncias tóxicas nos níveis tróficos mais elevados.

04. (UFMG) "O que acontece à terra, acontece aos filhos da terra. O homem não teceu a malha da vida; ele é apenas um fio dentro dela. O que ele fizer à teia ele faz a si mesmo."

Esse é um trecho da resposta do chefe pele vermelha Seattle à proposta dos brancos de comprarem as terras índigenas, em 1854.

Em quais das situações seguintes o homem, ao atuar na teia, está promovendo desequilíbrio?

I. Produção de compostos químicos artificiais não biodegradáveis pelos seres vivos, porque tais compostos não participam do ciclo inorgânico-orgânico.
II. Produção de poluentes atmosféricos, porque podem provocar doenças e mudanças das condições climáticas atuais.
III. Caça e pesca indiscriminadas, porque podem levar à extinção de espécies.
IV. Queimadas, porque removem a vegetação e, consequentemente, podem retirar as reservas orgânicas do solo.

A) Em todas.
B) Em II, III e IV, apenas.
C) Em I, II e IV, apenas.
D) Em II e IV, apenas.
E) Em I e III, apenas.

05. (Fatec-SP–2010)

Novo e maior inimigo do ozônio

O óxido nitroso (N_2O) se tornou, entre todas as substâncias emitidas por atividades humanas, a que mais danos provoca à camada de ozônio, que é responsável pela proteção das plantas, animais e pessoas contra o excesso de radiação ultravioleta emitida pelo Sol.

O óxido nitroso superou os clorofluocarbonetos (CFCs), cuja emissão na atmosfera tem diminuído seguidamente por causa de acordos internacionais conduzidos com essa finalidade. Hoje, de acordo com pesquisas, as emissões de N_2O já são duas vezes maiores do que as de CFCs. O óxido nitroso é emitido por fontes naturais (bactérias do solo e dos oceanos, por exemplo) e como subproduto dos métodos de fertilização na agricultura; de combustão; de tratamento de esgoto e diversos processos industriais. Atualmente, um terço da emissão do gás deriva de atividades humanas.

Segundo os pesquisadores, como o óxido nitroso também é um gás de efeito estufa, a redução de suas emissões por atividades humanas seria uma boa medida tanto para a camada de ozônio como para o clima.

AGÊNCIA FAPESP, 28 ago. 2009 (Adaptação).

Considere as afirmações feitas sobre o texto:

I. Atividades humanas, como a agricultura, e diversos processos industriais emitem a maior parte do óxido nitroso hoje presente na atmosfera.

II. Uma das principais medidas para a preservação da camada de ozônio é a redução da quantidade de bactérias do solo e oceanos.

III. A redução das emissões de CFCs e do óxido nitroso é importante para a preservação da camada de ozônio e para a diminuição do aquecimento global.

Está **CORRETO** o contido em

A) III, apenas.

B) I e II, apenas.

C) I e III, apenas.

D) II e III, apenas.

E) I, II e III.

06. (VUNESP) A seguinte afirmação é **INCORRETA**:

A) A contínua expansão de terras cultivadas e o controle químico de ervas e insetos estão produzindo alterações ecológicas.

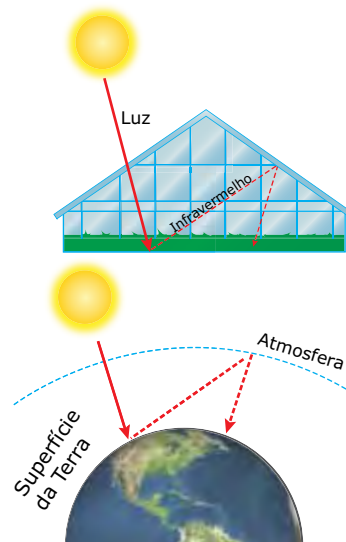
B) O uso agrícola de inseticidas e herbicidas é responsável pela gradual extinção de algumas espécies animais.

C) Alguns inseticidas se tornaram insuficientes, com o tempo, porque induziram nos insetos mutações que os tornaram resistentes.

D) A poluição das águas por detritos industriais provoca grande empobrecimento da fauna e da flora aquática.

E) A poluição do ar, nas grandes cidades, aumenta a incidência de doenças das vias respiratórias.

07. (FCMMG)

O efeito estufa: cada vez mais quente

O desenho anterior representa um fenômeno conhecido como "efeito estufa", que tem provocado o aquecimento excessivo da Terra devido

A) aos grandes desmatamentos.

B) ao degelo das calotas polares.

C) ao aumento da taxa de gás carbônico.

D) à diminuição da camada de ozônio.

08. (UFF-RJ) Existe hoje uma preocupação mundial com o uso indiscriminado de compostos do tipo clorofluorcarbono porque

A) se acumulam na atmosfera, impedindo a passagem dos raios ultravioletas do Sol, necessários à vida das plantas.

B) destroem a camada de ozônio da estratosfera, que protege os seres vivos do planeta da ação mutagênica da radiação ultravioleta.

C) se acumulam na atmosfera e caem com as chuvas ácidas, intoxicando os animais e destruindo o plâncton marinho.

D) exercem ação mutagênica sobre micro-organismos, com consequências imprevisíveis, como o surgimento de novos agentes patogênicos.

E) causam buracos na camada de ozônio da estratosfera, permitindo a passagem da radiação infravermelha que estimula o crescimento de tumores de pele.

09. (CESCEM-SP) As bactérias coliformes são usadas como indicadores de poluição aquática porque

A) causam doenças de pele.

B) são encontradas em fezes humanas.

C) só se desenvolvem em ambiente pouco oxigenado.

D) só se desenvolvem em ambientes ricos em fosfatos.

E) purificam as águas.

10. (FGV-SP) Um matadouro de bovinos instalou-se às margens de um rio de pequena vazão. Não há tratamento dos efluentes desse matadouro e o sangue dos animais sacrificados é lançado *in natura* no rio. A análise da água do rio revelou que, nas proximidades do matadouro, houve um rápido aumento da D.B.O (Demanda Bioquímica do Oxigênio). Isso quer dizer que

A) os animais sacrificados pelo matadouro estão seriamente doentes.

B) os animais sacrificados pelo matadouro digeriram substâncias tóxicas.

C) estão sendo usadas substâncias tóxicas na lavagem do matadouro.

D) era esperado um aumento da D.B.O em consequência do lançamento no rio do sangue dos animais sacrificados.

E) deve haver outras razões para o aumento da D.B.O, como lançamento de esgotos domésticos no rio, uma vez que o sangue, mesmo em grandes quantidades, não alteraria a D.B.O da água.

11. (UFMG) O ozônio é um componente essencial da estratosfera. Em 1984, foi detectado um grande buraco na camada de ozônio sobre a Antártida.

Todas as alternativas apresentam consequências da destruição da camada de ozônio, **EXCETO**

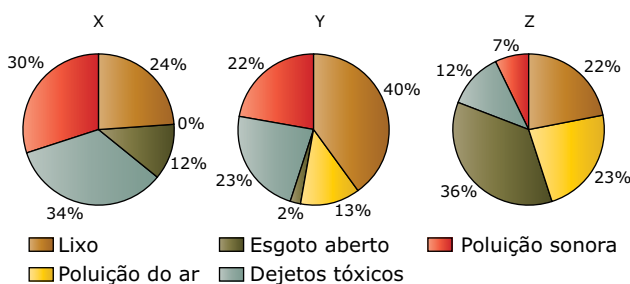
A) Aumento da radiação ultravioleta na superfície da Terra, elevando o número de casos de câncer de pele.

B) Diminuição da produção de vitamina D, levando ao aumento dos casos de raquitismo.

C) Redução da diversidade existente nos ecossistemas terrestres.

D) Redução do plâncton oceânico, provocando desequilíbrio nas comunidades de consumidores.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) Moradores de três cidades, aqui chamadas de X, Y e Z, foram indagados quanto aos tipos de poluição que mais afligiam as suas áreas urbanas. Nos gráficos a seguir, estão representadas as porcentagens de reclamações sobre cada tipo de poluição ambiental.

Considerando a queixa principal dos cidadãos de cada cidade, a primeira medida de combate à poluição em cada uma delas seria, respectivamente:

	X	Y	Z
A)	Manejamento de lixo	Esgotamento sanitário	Controle de emissão de gases
B)	Controle de despejo industrial	Manejamento de lixo	Controle de emissão de gases
C)	Manejamento de lixo	Esgotamento sanitário	Controle de despejo industrial
D)	Controle de emissão de gases	Controle de despejo industrial	Esgotamento sanitário

02. (Enem–1998) Um dos índices de qualidade do ar diz respeito à concentração de monóxido de carbono (CO), pois esse gás pode causar vários danos à saúde. A tabela a seguir mostra a relação entre a qualidade do ar e a concentração de CO.

Qualidade do ar	Concentração de CO – p.p.m.* (média de 8 h)
Inadequada	15 a 30
Péssima	30 a 40
Crítica	Acima de 40

*p.p.m. (parte por milhão) = 1 micrograma de CO por grama de ar 10-6 g

Para analisar os efeitos do CO sobre os seres humanos, dispõe-se dos seguintes dados:

Concentração de CO (p.p.m.)	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas, fraqueza muscular
270	Inconsciência
800	Morte

Suponha que você tenha lido em um jornal que na cidade de São Paulo foi atingido um péssimo nível de qualidade do ar. Uma pessoa que estivesse nessa área poderia

A) não apresentar nenhum sintoma.

B) ter sua capacidade visual alterada.

C) apresentar fraqueza muscular e tontura.

D) ficar inconsciente.

E) morrer.

03. (Enem–2004) No verão de 2000 foram realizadas, para análise, duas coletas do lixo deixado pelos frequentadores em uma praia no litoral brasileiro. O lixo foi pesado e classificado. Os resultados das coletas feitas estão na tabela a seguir:

DADOS OBTIDOS (em área de cerca de 1 900m^2)		
COLETA DE LIXO	**1ª coleta**	**2ª coleta**
PESO TOTAL	**8,3 Kg**	**3,2 Kg**
Itens de plástico	399 (86,4%)	174 (88,8%)
Itens de vidro	10 (2,1 %)	03 (1,6%)
Itens de metal	14 (3,0%)	07 (3,6%)
Itens de papel	17 (3,7%)	06 (3,0%)
NÚMERO DE PESSOAS NA PRAIA	270	80

CIÊNCIA HOJE (Adaptação).

Embora fosse grande a venda de bebidas em latas nessa praia, não se encontrou a quantidade esperada dessas embalagens no lixo, o que foi atribuído à existência de um bom mercado para a reciclagem de alumínio.

Considerada essa hipótese, para reduzir o lixo nessa praia, a iniciativa que mais diretamente atende à variedade de interesses envolvidos, respeitando a preservação ambiental, seria

A) proibir o consumo de bebidas e de outros alimentos nas praias.

B) realizar a coleta de lixo somente no período noturno.

C) proibir a comercialização apenas de produtos com embalagens.

D) substituir embalagens plásticas por embalagens de vidro.

E) incentivar a reciclagem de plásticos, estimulando seu recolhimento.

04. (Enem–2005) Diretores de uma grande indústria siderúrgica, para evitar o desmatamento e adequar a empresa às normas de proteção ambiental, resolveram mudar o combustível dos fornos da indústria. O carvão vegetal foi então substituído pelo carvão mineral. Entretanto, foram observadas alterações ecológicas graves em um riacho das imediações, tais como a morte dos peixes e dos vegetais ribeirinhos. Tal fato pode ser justificado em decorrência

A) da diminuição de resíduos orgânicos na água do riacho, reduzindo a demanda de oxigênio na água.

B) do aquecimento da água do riacho devido ao monóxido de carbono liberado na queima do carvão.

C) da formação de ácido clorídrico no riacho a partir de produtos da combustão na água, diminuindo o pH.

D) do acúmulo de elementos no riacho, tais como, ferro, derivados do novo combustível utilizado.

E) da formação de ácido sulfúrico no riacho a partir dos óxidos de enxofre liberados na combustão.

05. (Enem-2010) O despejo de dejetos de esgotos domésticos e industriais vem causando sérios problemas aos rios brasileiros. Esses poluentes são ricos em substâncias que contribuem para a eutrofização de ecossistemas, que é um enriquecimento da água por nutrientes, o que provoca um grande crescimento bacteriano e, por fim, pode promover escassez de oxigênio.

Uma maneira de evitar a diminuição da concentração de oxigênio no ambiente é

A) aquecer as águas dos rios para aumentar a velocidade de decomposição dos dejetos.

B) retirar do esgoto os materiais ricos em nutrientes para diminuir a sua concentração nos rios.

C) adicionar bactérias anaeróbicas às águas dos rios para que elas sobrevivam mesmo sem o oxigênio.

D) substituir produtos não degradáveis por biodegradáveis para que as bactérias possam utilizar os nutrientes.

E) aumentar a solubilidade dos dejetos no esgoto para que os nutrientes fiquem mais acessíveis às bactérias.

GABARITO

Fixação

01. D
02. D
03. D
04. E
05. A

Propostos

01. E
02. C
03. E
04. A
05. A
06. C
07. C
08. B
09. B
10. D
11. B

Seção Enem

01. E
02. B
03. E
04. E
05. B

BIOLOGIA

MÓDULO 21 — FRENTE D

Histologia vegetal

Por serem as plantas mais evoluídas, usaremos as angiospermas como referência para estudar os tecidos e os órgãos vegetais.

O quadro a seguir relaciona os tecidos vegetais, subdivididos em dois grupos: **tecidos meristemáticos** (meristemas) e **tecidos permanentes** (adultos).

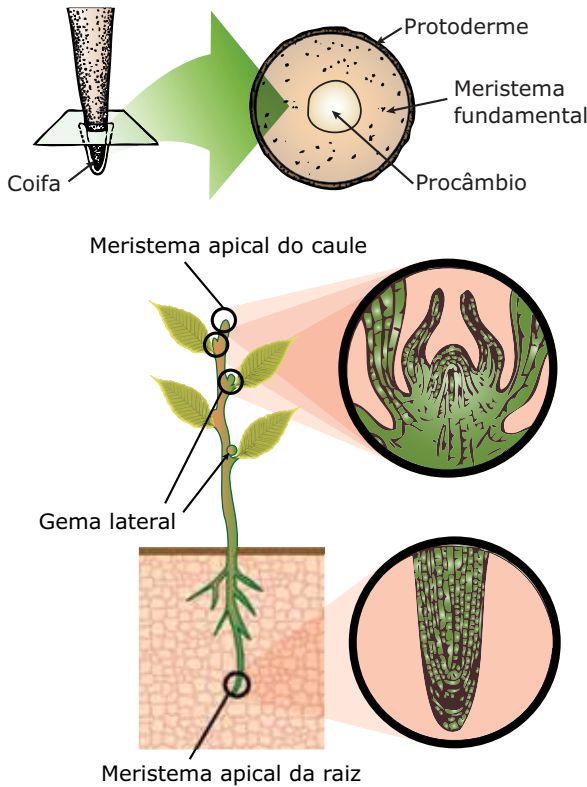
TECIDOS VEGETAIS		
Meristemáticos (meristemas)	**Primários**	. Protoderme . Meristema fundamental . Procâmbio
	Secundários	. Câmbio interfascicular (câmbio vascular) . Felogênio (câmbio da casca)
Permanentes (adultos)	**Proteção (revestimento)**	. Epiderme . Súber*
	Sustentação	. Colênquima . Esclerênquima*
	Condução (transporte)	. Xilema (lenho)* . Floema (líber)
	Assimilação	. Parênquima clorofiliano paliçádico . Parênquima clorofiliano lacunoso
	Reserva (armazenamento)	. Parênquima amilífero . Parênquima aquífero . Parênquima aerífero (aerênquima)
	Preenchimento	. Parênquima cortical . Parênquima medular

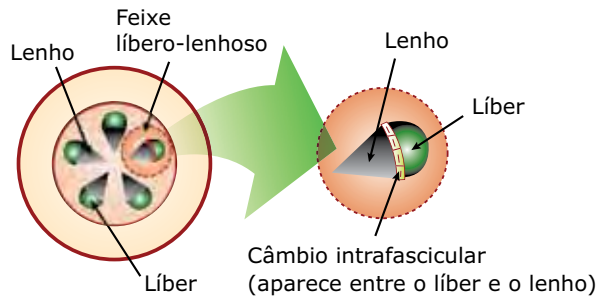
*****_Tecidos formados por células mortas e, portanto, sem atividade metabólica._

TECIDOS MERISTEMÁTICOS (MERISTEMAS)

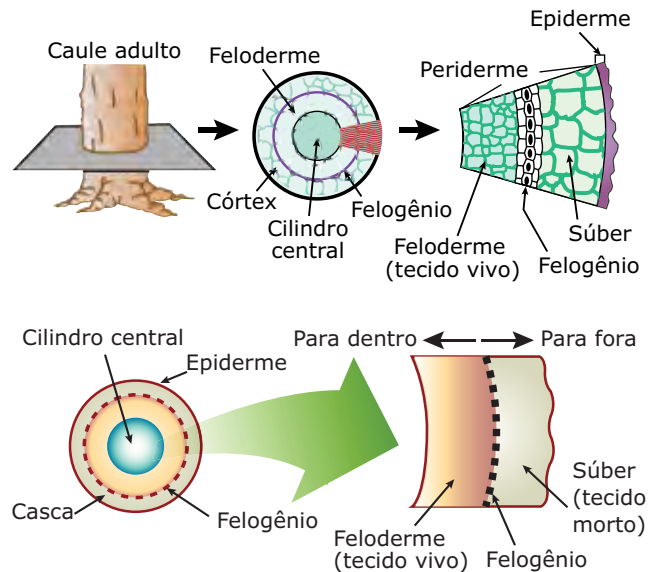
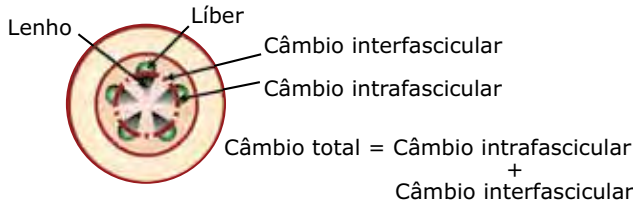
As células meristemáticas são, em geral, pequenas, com parede celular delgada (constituída apenas pela parede primária), apresentando um núcleo central volumoso. Podem apresentar, ainda, os proplastos (estruturas precursoras dos plastos). Possuem grande capacidade proliferativa, isto é, reproduzem-se rápida e intensamente por mitose, promovendo o crescimento da planta. Também produzem alguns hormônios (fitormônios) que promovem o alongamento (distensão) das células vegetais. São células indiferenciadas ou pouco diferenciadas porque não apresentam uma especialização marcante, como ocorre na maioria dos tecidos permanentes.

À medida que a célula meristemática se desenvolve, ela passa por um processo de diferenciação, tornando-se, assim, uma célula adulta e especializada em determinada função (proteção, fotossíntese, sustentação, armazenamento, etc.). Com a diferenciação, a célula perde parcial ou totalmente sua capacidade de proliferação, e sua parede celular torna-se mais espessa, devido à formação da parede secundária. Ainda durante o processo de diferenciação, os proplastos se desenvolvem e dão origem aos plastos.

Os tecidos meristemáticos podem ser primários ou secundários. Os meristemas primários têm origem a partir de células do embrião contido nas sementes, enquanto os secundários se originam de células já adultas, que, após certo tempo, sofrem uma desdiferenciação, ou seja, voltam a ter características de células embrionárias.

Meristemas primários – *Compreendem a protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio, encontrados nas extremidades (ápice) do caule e da raiz e nas gemas laterais do caule. Na extremidade da raiz, esses tecidos são protegidos por uma estrutura denominada coifa. Os meristemas primários são responsáveis pelo crescimento primário da raiz e do caule, isto é, pelo crescimento longitudinal desses órgãos vegetais. Raiz e caule, portanto, crescem em comprimento através de suas "pontas" ou extremidades. Assim, se em uma árvore de 5 metros de altura fizermos uma marca qualquer no caule, a um metro do solo, quando a árvore estiver com 10 metros de altura, por exemplo, a marca continuará no mesmo nível, isto é, a 1 metro do solo.*

À medida que as células dos meristemas primários se diferenciam e se tornam adultas, originam tecidos permanentes (adultos). Nesse processo de diferenciação, a protoderme origina a epiderme (tecido permanente que reveste externamente folhas, flores, caules e raízes jovens); o meristema fundamental origina os tecidos permanentes fundamentais da planta, tais como o colênquima, o esclerênquima e os parênquimas; o procâmbio origina os tecidos vasculares primários (xilema primário, floema primário) e o câmbio interfascicular.

Feixe líbero-lenhoso – *A ilustração anterior mostra um corte transversal esquemático do caule de uma angiosperma dicotiledônea. O xilema (lenho) é formado por vasos lenhosos, estruturas responsáveis pela condução da seiva bruta, constituída por água e sais minerais. O floema (líber) é formado pelos vãos liberianos, responsáveis pela condução da seiva elaborada, constituída, basicamente, por glicose. O procâmbio que permanece entre o lenho (xilema) e o líber (floema) passa a ser denominado câmbio fascicular ou intrafascicular.*

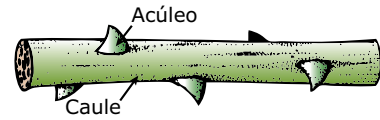
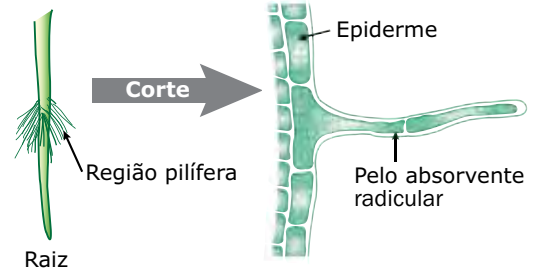
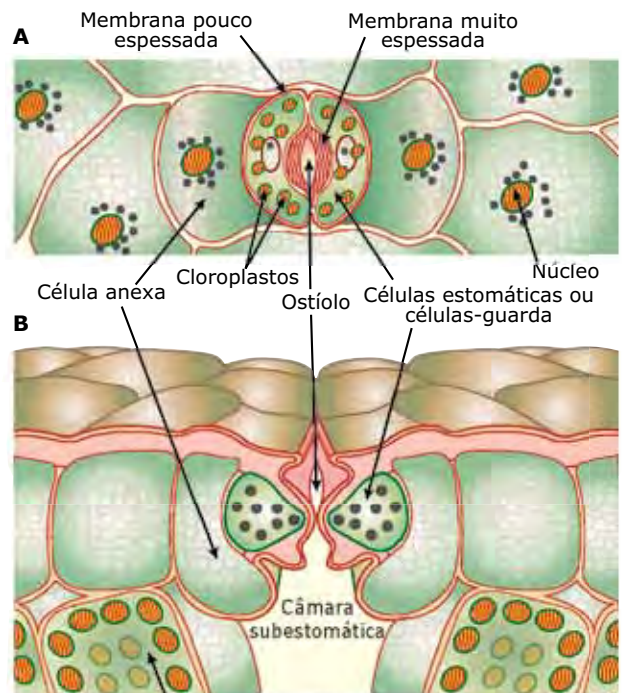
Os meristemas secundários não são encontrados em todos os vegetais. Apenas em gimnospermas e certas angiospermas dicotiledôneas formam-se os meristemas secundários, representados pelo felogênio e pelo câmbio interfascicular, originários de um processo de desdiferenciação de células adultas, que voltam a ter elevada capacidade de proliferação, assim como acontece com as células embrionárias. Esses tecidos são os principais responsáveis pelo crescimento secundário (crescimento em espessura) dos caules e raízes.

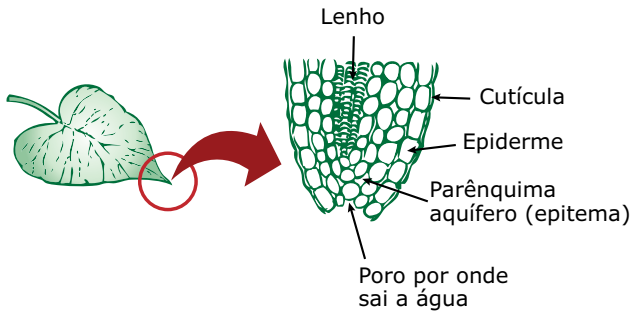
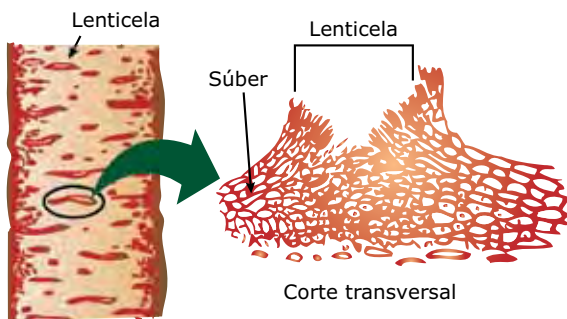
Corte transversal esquemático do caule

Felogênio – *Também chamado de câmbio do súber ou câmbio da casca, o felogênio origina-se da desdiferenciação de células adultas do parênquima cortical, localizado logo abaixo da epiderme. Essas células readquirem o poder proliferativo e passam a se multiplicar lateralmente, "jogando" células para o lado externo e para o lado interno do órgão vegetal. As células que se proliferam para o lado externo formam o súber, um tecido de revestimento mais resistente do que a epiderme. As células que se proliferam para o lado interno formam a feloderme, tecido de preenchimento parenquimático. O felogênio, o súber e a feloderme constituem a periderme.*

Câmbio interfascicular *– Também chamado de câmbio vascular, origina-se de um processo de desdiferenciação de células adultas do cilindro central, localizadas entre os feixes líbero-lenhosos aí existentes. Suas células produzem os vasos lenhosos e liberianos secundários. Ao se proliferarem para o lado externo do órgão, produzem vasos liberianos; ao se proliferarem para o lado interno, originam vasos lenhosos.*

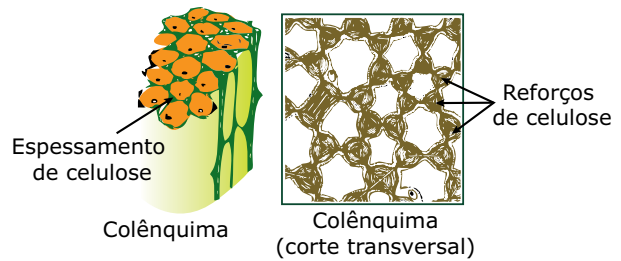
TECIDOS PERMANENTES (ADULTOS)

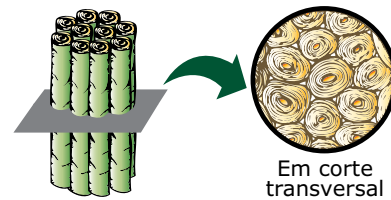
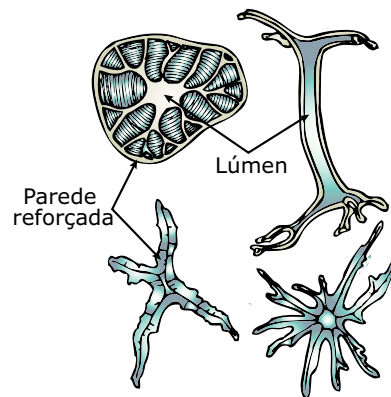
Originam-se de um processo de diferenciação dos tecidos meristemáticos. Suas células são especializadas em realizar determinadas funções. A classificação desses tecidos está baseada na função principal que realizam.

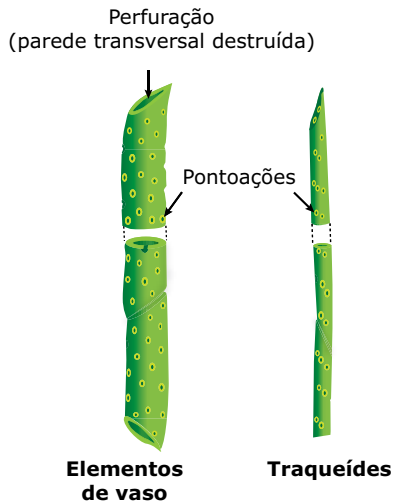
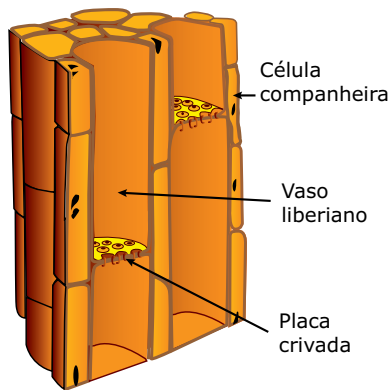
Os tecidos de revestimento (tecidos de proteção, tecidos tegumentares) estão representados pela epiderme e pelo súber (também conhecido por cortiça). A epiderme origina-se da protoderme (meristema primário), enquanto o súber tem origem no felogênio (meristema secundário). A epiderme é formada por células vivas, enquanto o súber é um tecido morto devido à ocorrência de suberificação em suas células. A suberificação é a transformação da celulose em suberina, uma substância de natureza lipídica que impermeabiliza a parede celular. A epiderme é encontrada revestindo externamente os órgãos vegetais (raízes, caules, folhas, flores). O súber é encontrado no caule e na zona suberosa das raízes, substituindo a epiderme. A epiderme, em geral, é formada por uma monocamada de células poliédricas e justapostas. O súber é mais espesso e confere maior proteção ao caule e às raízes. A epiderme pode apresentar algumas estruturas anexas, os chamados anexos epidérmicos, como cutícula, acúleos, pelos (tricomas), estômatos e hidatódios, e no súber podemos encontrar as lenticelas.

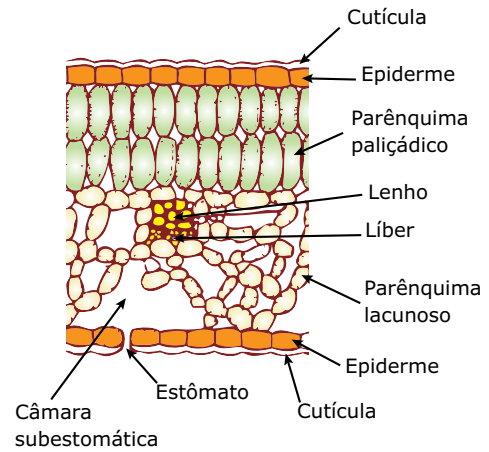
Cutícula *– É uma camada de cutina (lipídio) que se forma sobre a face epidérmica exposta ao ar atmosférico, resultante do processo de cutinização (transformação da celulose da parede primária das células em cutina). A cutícula impermeabiliza a epiderme, reduzindo a perda de água através da transpiração cuticular, contribuindo, assim, para evitar a desidratação da planta, o que justifica ser especialmente desenvolvida nas xerófitas (plantas de regiões secas).*

Acúleos *– Estruturas resistentes, pontiagudas, formadas pelo espessamento e endurecimento das paredes das células epidérmicas. São frequentemente confundidos com espinhos (folhas modificadas) e têm função de defesa (estrutura protetora). Ocorrem, geralmente, no caule, como acontece nas roseiras.*

Pelos *– Os pelos vegetais (tricomas) são expansões da epiderme que apresentam variedade de formas, podendo desempenhar diferentes funções (absorção, secreção, proteção). Os pelos podem ocorrer na epiderme de diferentes partes da planta. Por exemplo: na zona pilífera das raízes, são encontrados pelos absorventes que retiram do solo água e sais minerais; em certas folhas de plantas insetívoras, existem pelos que produzem secreções contendo enzimas digestivas; nas folhas da urtiga, existem pelos que produzem substâncias urticantes que têm a função de proteger a planta contra ataques de animais; na superfície de folhas de plantas de clima quente, é comum encontrar um emaranhado de pelos que retém umidade, dificultando a perda de água pela transpiração.*

Estômato visto de frente (A) e de perfil (B) *– O número de estômatos é variável. Cada estômato é formado por duas células epidérmicas modificadas, reniformes, ricas em cloroplastos, denominadas células-guarda (células*

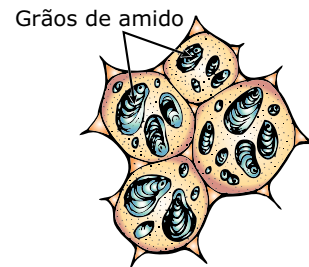
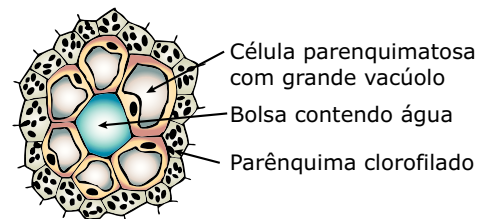
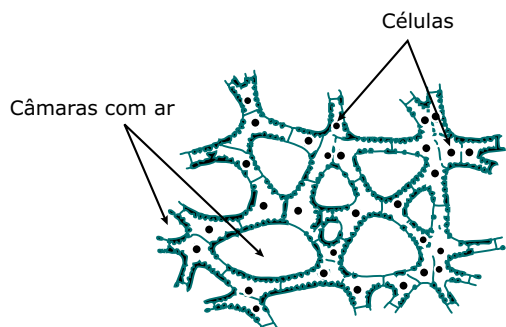
estomáticas) e por um poro (abertura) denominado ostíolo. As células epidérmicas justapostas às células-guarda são chamadas células anexas. As células-guarda são as únicas células da epiderme que possuem cloroplastos e, portanto, são capazes de realizar fotossíntese. Os estômatos possuem um mecanismo de fechamento e abertura e têm como função possibilitar a entrada e a saída de gases (O_2 e CO_2), como também a saída de água no estado de vapor (fenômeno conhecido por transpiração estomática, que ocorre durante o dia).

***Hidatódios** – São poros (aberturas) microscópicos localizados nos bordos da folha, semelhantes aos estômatos, não apresentando, entretanto, o mecanismo de abertura e fechamento. Através desses poros, a planta elimina água na forma de gotículas e sais minerais (fenômeno denominado sudação ou gutação, que ocorre à noite). O espaço logo abaixo do hidatódio é ocupado por um tecido de preenchimento chamado epítema. Sobre esse tecido terminam vasos lenhosos que aí liberam o excesso de água e sais minerais que serão, então, eliminados sob a forma de gotículas.*

***Lenticelas** – São pequenos pontos de ruptura do tecido suberoso (súber), que aparecem como orifícios na superfície do caule. Através desses orifícios, à semelhança do que acontece nos estômatos, também ocorrem trocas gasosas (O_2 e CO_2) entre a planta e o meio exterior. Por isso, os estômatos, juntamente com as lenticelas, constituem o sistema de arejamento da plantas.*

Os tecidos de sustentação que têm origem no meristema fundamental estão representados pelo colênquima, tecido formado por células vivas, e pelo esclerênquima, tecido morto devido à ocorrência da lignificação das células. A lignina é uma substância glicoproteica, resistente e impermeável, que se deposita na parede celular, determinando a morte das células. O sistema de sustentação dos vegetais, denominado esteroma, é formado por esses dois tecidos.

***Colênquima** – Suas células, também denominadas fibras colenquimáticas, em geral, são alongadas, cilíndricas e possuem reforços de celulose em suas paredes. As fibras do colênquima formam feixes que se distribuem longitudinalmente, logo abaixo da epiderme, dos caules novos, dos pecíolos das folhas e ao longo da nervura das folhas. As raízes raramente possuem colênquima. O colênquima confere resistência e flexibilidade aos órgãos das plantas.*

No esclerênquima, as células podem ser alongadas (fibras) ou pequenas com morfologia irregular (escleritos).

***Fibras do esclerênquima** – Agrupam-se formando feixes geralmente circundando os vasos condutores de seiva nos caules e nas nervuras das folhas. Esses feixes são alvo de grande interesse econômico, uma vez que fornecem fibras têxteis (sisal, juta, linho, rami, etc.)*

***Escleritos (células pétreas)** – Podem ocorrer isolados, como acontece nas folhas da camélia, ou em grupos compactos, como acontece nos caroços de pêssego, azeitona e coco.*

Os tecidos de condução (transporte) estão representados pelo xilema (lenho) e pelo floema (líber). Os principais componentes do xilema são os vasos lenhosos, cujas paredes são formadas por células mortas lignificadas. No floema, os principais componentes são os vasos liberianos, formados por células vivas. Os vasos lenhosos são responsáveis pela condução da seiva bruta, enquanto os vasos liberianos conduzem a seiva elaborada. O xilema e o floema constituem o chamado sistema de transporte da planta.

Vasos lenhosos – *Os vasos lenhosos podem ser de dois tipos: elementos de vaso (traqueias) e traqueídes. Os elementos de vaso são as principais estruturas condutoras de seiva bruta nas angiospermas. Os traqueídes são encontrados em todas as plantas vasculares.*

Vasos liberianos – *Os vasos liberianos, também chamados de tubos crivados, são formados por células vivas e alongadas, dispostas em sequência, de modo a formar cordões contínuos desde as folhas até as raízes. As células que formam o vaso liberiano são denominadas elementos de tubo crivado. Essas células não possuem núcleo e estão separadas por septos transversais contendo vários crivos (orifícios), denominados placas crivadas, que permitem a passagem da seiva elaborada de uma célula para outra. Os vasos liberianos são acompanhados em sua trajetória pelas células companheiras (células vivas, nucleadas) que fornecem aos tubos crivados as substâncias necessárias ao seu funcionamento).*

Os tecidos de assimilação estão representados pelos parênquimas clorofilianos (clorênquimas): paliçádico e lacunoso. São altamente especializados em realizar fotossíntese (assimilação clorofiliana). Localizam-se, principalmente, no mesófilo (espaço existente entre a epiderme superior e a epiderme inferior das folhas).

Folha em corte transversal – *O parênquima clorofiliano paliçádico possui células prismáticas, justapostas e, geralmente, é encontrado abaixo da epiderme superior das folhas, sendo responsável pela maior parte da atividade fotossintética da folha. O parênquima clorofiliano lacunoso (esponjoso) tem células de morfologia irregular que se dispõem formando espaços (lacunas) entre elas. Geralmente, se localiza acima da epiderme inferior, e suas células têm menos cloroplastos que as do parênquima paliçádico.*

Os tecidos de reserva (armazenamento) são formados por células sem cloroplastos, sendo, por isso, também denominados parênquimas incolores. Ocorrem praticamente em todos os órgãos das plantas e estão representados pelos parênquimas amilífero, aquífero e aerífero.

Parênquima amilífero – *Suas células são especializadas em armazenar grãos de amido. É encontrado, por exemplo, em caules subterrâneos do tipo tubérculo (como a batata-inglesa) e raízes tuberosas (como a mandioca).*

Parênquima aquífero – *É formado por células com grandes vacúolos e alto poder de retenção hídrica, sendo, portanto, especializado em armazenar água. Além de acumular água nos grandes vacúolos, as células se dispõem delimitando vesículas (bolsas) nas quais a água também fica armazenada. É encontrado mais frequentemente em plantas de regiões áridas, como as plantas de desertos.*

Parênquima aerífero (aerênquima) *– Armazena ar em grandes lacunas existentes entre suas células. É encontrado em plantas aquáticas flutuantes (aguapé, por exemplo). O acúmulo de ar diminui a densidade relativa da planta e permite a sua flutuação.*

Os tecidos de preenchimento ocupam os espaços entre os demais tecidos. Quando os espaços são preenchidos no córtex (região periférica de caule e raízes, situada logo abaixo do tecido de revestimento), ele é dito parênquima cortical; quando o preenchimento se faz na região medular (cilindro central), ele é dito parênquima medular.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FCMMG) São tecidos vivos, nas plantas,

A) floema, xilema e súber.

B) floema, câmbio e súber.

C) xilema, câmbio e súber.

D) floema, câmbio e meristema.

E) xilema, súber e meristema.

02. (PUC Minas) Sendo dado

1. Aerênquima
2. Esclerênquima
3. Colênquima
4. Vaso liberiano
5. Vaso lenhoso
6. Parênquima

as estruturas que apresentam células mortas e com lignina são encontradas em

A) 1 caso.

B) 2 casos.

C) 3 casos.

D) 4 casos.

E) 5 casos.

03. (Cesgranrio) Meristemas são

A) tecidos vegetais altamente diferenciados e incapazes de reprodução.

B) tecidos vegetais em degeneração, que servem para a nutrição de células jovens.

C) estruturas celulares que envolvem a raiz.

D) tecidos vegetais constituídos por células especificamente diferenciadas para realizar a fotossíntese.

E) tecidos bastante indiferenciados, capazes de formar novas células e assegurar o crescimento dos vegetais.

04. (FCMMG) Em vegetais, a relação tecido / função está **INCORRETA** em:

A) Meristema secundário – crescimento em espessura.

B) Parênquima clorofiliano – assimilação de carbono.

C) Tecido epidérmico (cútis) – proteção.

D) Tecido suberoso (súber) – armazenamento de alimentos.

E) Meristema primário – crescimento longitudinal.

05. (PUC Minas) A relação tecido / função está **INCORRETA** em:

	Tecido	Função
A)	Meristema	Crescimento
B)	Colênquima	Sustentação
C)	Parênquima	Preenchimento
D)	Xilema	Condução de seiva
E)	Esclerênquima	Revestimento e proteção

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Todas as alternativas apresentam tecidos fisiologicamente ativos, **EXCETO**

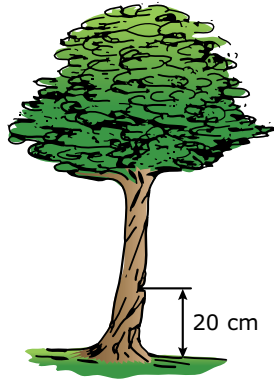
A) Colênquima

B) Epiderme

C) Esclerênquima

D) Parênquima amilífero

E) Parênquima clorofiliano

02. (UFMG) Com um ano de idade, um abacateiro media meio metro de altura. Nessa época, sofreu uma lesão no caule a uma altura de 20 centímetros do solo, como indicado no esquema.

Ao completar três anos, ele alcançou 5 metros de altura. A cicatriz deixada pela lesão deverá encontrar-se, então, a uma altura do solo de, aproximadamente,

A) 20 centímetros.

B) 60 centímetros.

C) 100 centímetros.

D) 420 centímetros.

E) 480 centímetros.

03. (UFV-MG) São chamados de tecidos de revestimento nos vegetais

A) esclerênquima e tecido suberoso.

B) colênquima e epiderme.

C) tecido suberoso e colênquima.

D) colênquima e esclerênquima.

E) epiderme e tecido suberoso.

04. (FUVEST-SP) Células cutinizadas localizam-se

A) no súber.

B) nos meristemas.

C) no esclerênquima.

D) na epiderme.

E) no felogênio.

05. (PUC Minas) É tecido vegetal, associado às células companheiras, usado no transporte de carboidratos:

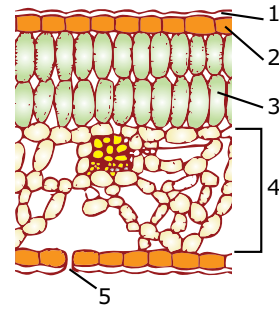
A) epiderme.

B) colênquima.

C) floema.

D) parênquima.

E) xilema.

06. (UFMG) O esquema a seguir se refere a um corte transversal de uma folha de vegetal em que estruturas histológicas foram indicadas pelos números de 1 a 5.

Em relação a esse esquema, é **INCORRETO** afirmar que

A) 1 é uma estrutura com capacidade de proteção.

B) 1 é um epitélio com capacidade de renovação.

C) 3 é o principal tecido fotossintético.

D) 4 contém estrutura responsável pela condução de seiva.

E) 5 depende do turgor das células para seu funcionamento.

07. (Cesgranrio) Existem certos insetos (pulgões) que se alimentam de substâncias elaboradas pelos vegetais. Para obtê-las, introduzem uma tromba sugadora em órgãos especiais, principalmente folhas. Para sugar as substâncias de que necessitam, devem atingir com a tromba

A) o esclerênquima.

B) o xilema.

C) o floema.

D) o meristema.

E) o colênquima.

08. (FCMMG) Há um tecido constituído por vasos lenhosos associados às fibras lenhosas, situado no cilindro central. Durante o inverno, parte dos vasos lenhosos podem ser bloqueados e obstruídos por expansões de células do parênquima denominadas tilas. Esse tecido é denominado

A) xilema.

B) esclerênquima.

C) colênquima.

D) leptoma.

E) floema.

09. (PUC Minas) Nos vegetais, o câmbio fascicular originará

A) feixes liberianos e lenhosos.

B) parênquima medular.

C) parênquima cortical.

D) epiderme.

E) felogênio.

BIOLOGIA

10. (UFRN–2010) Assinale a alternativa **INCORRETA** quanto às características histológicas dos vegetais.

A) Na superfície externa das células dos parênquimas há uma cutícula impermeabilizante produzida pelas próprias células.

B) Os acúleos são estruturas protetoras formadas por projeções pontiagudas, confundidos com espinhos. Ocorrem, como por exemplo, nas roseiras.

C) Alguns tricomas produzem secreções glandulares, como as urticantes na urtiga, e as digestivas nas plantas carnívoras.

D) Os estômatos ocorrem nas folhas e são importantes nas trocas gasosas entre os tecidos internos da planta e o meio externo.

E) O súber maduro é também denominado cortiça, pouco densa e impermeável à água devido ao efeito da suberina.

SEÇÃO ENEM

01. A cultura de tecidos vegetais tem por objetivo a reprodução assexuada de plantas a partir de células, tecidos e fragmentos de raízes, caule e folhas, retirados de uma "planta-mãe". A técnica consiste em colocar o material retirado da "planta-mãe" em um meio nutritivo contendo todos os ingredientes indispensáveis para o desenvolvimento celular, suplementado com hormônios vegetais necessários para o crescimento da planta. Também é necessário que se faça o controle da temperatura e da luminosidade de acordo com as necessidades da planta. Nessas condições, as células vegetais multiplicam-se, originando pequenas mudas que serão plantadas em canteiros onde se desenvolvem, formando novas plantas adultas.

Através dessa tecnologia obtêm-se

A) plantas mais produtivas do que a "planta-mãe".

B) plantas mais resistentes às variações de temperatura do que a "planta-mãe".

C) plantas geneticamente idênticas à "planta-mãe".

D) plantas mais tolerantes a certos herbicidas do que a "planta-mãe".

E) plantas que não necessitam da luminosidade para realizar a fotossíntese.

02.

Linho, piaçaba, ráfia, juta, sisal: fibras de esclerênquima

Fibras de esclerênquima são utilizadas na confecção de tapetes, cordas e roupas. Feixes de fibras do caule do linho se destinam à indústria de roupas. Das folhas do agave retira-se o sisal. A juta se obtém das fibras extraídas do fruto seco de certas plantas. A piaçaba (utilizada na confecção de vassouras e escovas) e a ráfia são fibras extraídas das folhas de certas palmeiras.

Fonte: UZUNIAN, A.; BIRNER, E. *Histologia vegetal*. São Paulo: Harbra, 2000, p. 31.

O esclerênquima é um tecido vegetal formado por células mortas devido à impregnação de lignina, encontrado em diferentes locais do corpo de uma planta. Sua função na planta é

A) conduzir a seiva elaborada, produzida nas folhas, para o caule e raízes.

B) transportar a seiva bruta, absorvida do solo pelas raízes, para o caule e folhas.

C) revestir, proteger e promover o isolamento térmico dos órgãos vegetais.

D) promover a sustentação mecânica dos órgãos vegetais.

E) sintetizar glicose e promover a sua distribuição pelo interior dos órgãos vegetais.

GABARITO

Fixação

01. D
02. B
03. E
04. D
05. E

Propostos

01. C
02. A
03. E
04. D
05. C
06. B
07. C
08. A
09. A
10. A

Seção Enem

01. C
02. D

BIOLOGIA

Organologia vegetal

MÓDULO 22 FRENTE D

Os diferentes tecidos vegetais se organizam formando diferentes órgãos. Usando as angiospermas como referencial, esses órgãos estão representados pelas raízes, caules, folhas, flores, sementes e frutos. As raízes, os caules e as folhas constituem os chamados órgãos vegetativos, responsáveis pelas funções necessárias à sobrevivência do indivíduo. As flores, as sementes e os frutos formam os órgãos reprodutivos, responsáveis pela perpetuação da espécie.

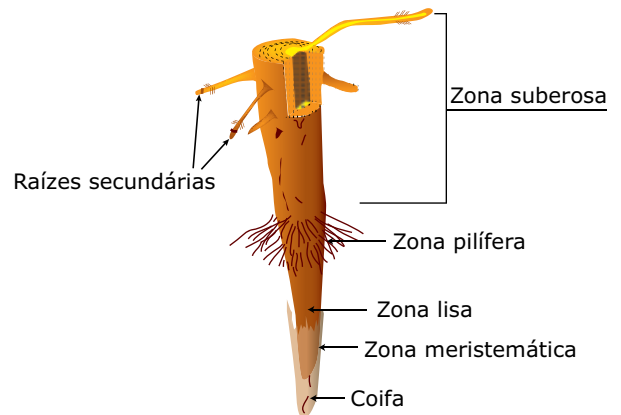
RAÍZES

Nas angiospermas, encontramos diferentes tipos de raízes, classificadas de acordo com as ramificações que apresentam, o meio em que crescem, o seu aspecto externo ou, ainda, uma função mais marcante e especializada que elas realizam. O conjunto de raízes de uma planta constitui o seu sistema radicular.

Existem dois tipos básicos de raízes: fasciculada (cabeleira) e pivotante (axial).

Raiz axial *– Há uma raiz central mais desenvolvida, denominada raiz principal, de onde partem ramificações (raízes secundárias ou radicelas) que são menos desenvolvidas que a raiz principal. Exemplo: as raízes das árvores em geral.*

Raiz fasciculada *– Não há uma raiz principal mais desenvolvida, e sim um feixe ou rede de raízes, todas com igual desenvolvimento. Exemplo: raízes do milho.*

Nas raízes axiais, podemos distinguir as seguintes regiões: coifa, zona meristemática, zona lisa, zona pilífera e zona suberosa.

Partes de uma raiz axial – Coifa (caliptra): *Estrutura em forma de capuz que envolve e protege a zona meristemática localizada na extremidade da raiz. Nas raízes subterrâneas, protege contra micro-organismos e contra o atrito ou aspereza do solo; nas raízes aquáticas, contra o ataque de micro-organismos; nas raízes aéreas, impede a transpiração excessiva.* ***Zona meristemática:*** *Região formada por tecidos meristemáticos, nos quais as células estão em intensa atividade mitótica.* ***Zona lisa (zona de alongamento):*** *Região na qual as células, por ação de determinados hormônios, sofrem grande distensão ou alongamento, determinando um crescimento longitudinal da raiz.* ***Zona pilífera:*** *Região situada acima da zona lisa na qual a epiderme da raiz apresenta projeções denominadas pelos absorventes que têm a função de absorver água e substâncias minerais necessárias ao desenvolvimento da planta.* ***Zona suberosa (zona de ramificações):*** *Região na qual ocorre o fenômeno da suberificação (formação do súber), dando maior proteção a essa parte da raiz. Geralmente, apresenta ramificações (raízes secundárias) que contribuem para uma melhor fixação da planta no substrato.*

OBSERVAÇÃO

A zona de transição entre a raiz e o caule denomina-se colo ou coleto.

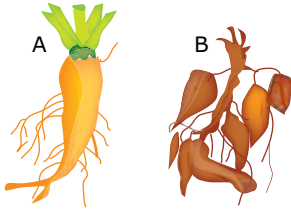
Quanto à origem, as raízes podem ser classificadas em primárias, secundárias e adventícias.

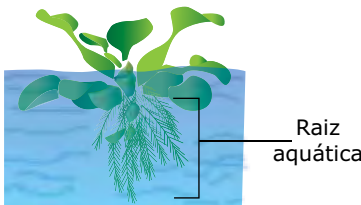
A) **Raízes primárias** – Originam-se diretamente da radícula (uma parte do embrião vegetal contido na semente).

B) **Raízes laterais ou secundárias** – São as ramificações originárias do periciclo da raiz primária.

C) **Raízes adventícias** – Originam-se do caule ou das folhas.

Quanto ao meio em que crescem e se desenvolvem, as raízes podem ser classificadas em terrestres, aquáticas e aéreas.

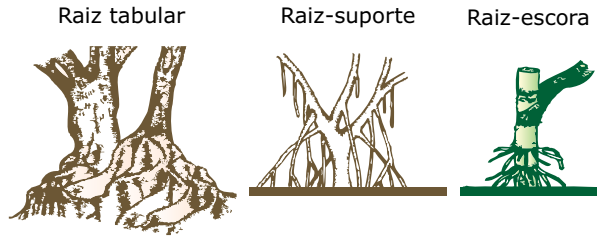
A) Raízes terrestres – São subterrâneas, isto é, desenvolvem-se dentro do solo. Em algumas espécies de plantas, essas raízes tornam-se mais espessadas em consequência do acúmulo de reservas nutritivas, sendo, então, chamadas de raízes tuberosas.

Raízes tuberosas *– A raiz tuberosa pode ser axial ou fasciculada: na tuberosa axial, como as da cenoura, da beterraba e do nabo, só a raiz principal (raiz primária) se desenvolve em espessura; na tuberosa fasciculada, como a da batata-doce, as várias raízes secundárias são espessadas.* ***A.*** *Raiz tuberosa axial;* ***B.*** *Raiz tuberosa fasciculada.*

B) Raízes aquáticas – Têm coifa mais desenvolvida do que as raízes terrestres; tal fato se justifica pela necessidade de proteção contra ataques de inúmeros seres vivos existentes na água. Em geral, possuem parênquima aerífero abundante para permitir a flutuação da planta. A aguapé é um bom exemplo de planta que possui raízes desse tipo.

Planta com raiz aquática (aguapé)

C) Raízes aéreas – Desenvolvem-se em contato direto com o ar atmosférico. Podem ser de vários tipos: grampiformes, estacas, haustórios, cinturas, estrangulantes e pneumatóforos.

As raízes grampiformes são raízes adventícias curtas, originadas do caule, que possuem na extremidade substâncias adesivas que servem para fixar a planta num substrato. Na hera, que cresce sobre paredes e muros, encontramos esse tipo de raiz.

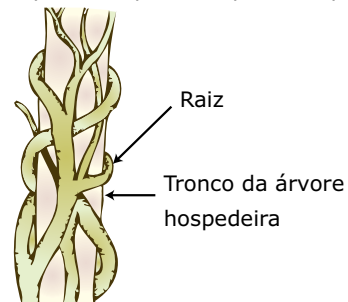
As raízes-estacas, conhecidas como as raízes-escoras e as raízes-suportes, também são raízes adventícias originadas do caule que crescem em direção ao solo onde se fixam. Têm como função ajudar a fixação da planta no solo. Essas raízes são encontradas, por exemplo, no milho e em plantas de pântanos e de mangues.

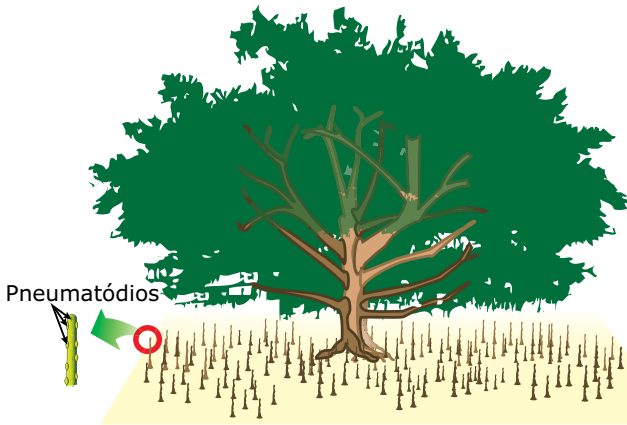
Um tipo particular de raízes-suportes são as raízes tabulares, que crescem e se fundem com o caule, formando verdadeiras tábuas ou pranchas que ajudam na fixação da planta e também fornecem maior superfície para a respiração do sistema radicular. São encontradas principalmente em plantas de grande porte, por exemplo, em certas figueiras.

Raízes-estacas

As raízes sugadoras ou haustórios são típicas de plantas parasitas (holoparasitas e hemiparasitas). Essas raízes penetram no caule da planta hospedeira até atingir os feixes líbero-lenhosos, dos quais sugam a seiva bruta (no caso das hemiparasitas, como a erva-de-passarinho) ou a seiva elaborada (no caso das holoparasitas, como o cipó-chumbo).

Raízes sugadoras (haustórios)

As raízes-cinta ou cinturas são características de plantas epífitas, como as orquídeas. Essas raízes crescem enroladas em um tronco suporte e têm sua parte mais externa envolvida por uma camada branca, porosa (esponjosa) denominada velame ou véu que absorve a umidade do ar.

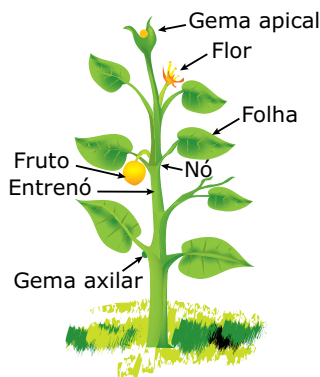
As raízes estrangulantes envolvem o tronco da planta que lhes serve de suporte, apertando-o e matando lentamente a planta por impedir a circulação da seiva. Aparece, por exemplo, no cipó mata-pau.

Raízes estrangulantes

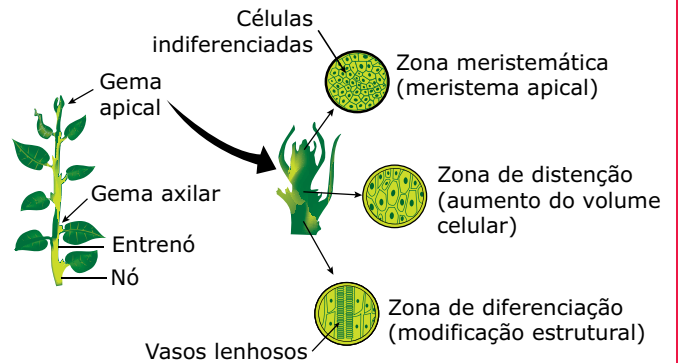
As raízes respiratórias ou pneumatóforos crescem verticalmente em direção à superfície da água em busca de O_2 atmosférico. São comuns em plantas de Pântanos e de Mangues, ambientes onde normalmente há uma taxa pequena de O_2 dissolvido na água. Essas raízes possuem pequenos orifícios denominados pneumatódios, pelos quais se dá a penetração do O_2.

Raízes respiratórias (pneumatóforos)

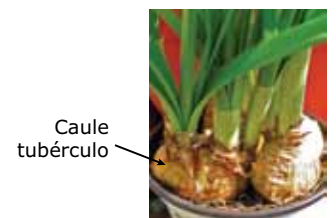
CAULES

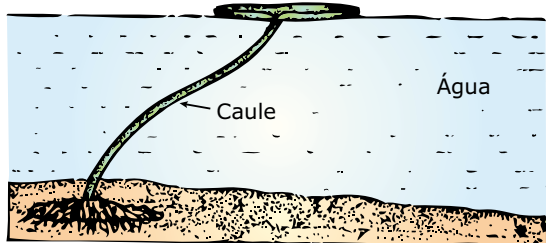
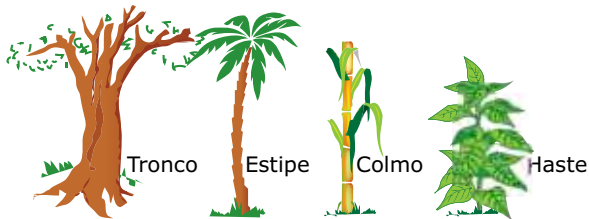
O caule é o órgão que faz a ligação entre as raízes e as folhas. Pelos feixes líbero-lenhosos (vasos lenhosos e vasos liberianos) existentes em seu interior, circulam substâncias entre as folhas e as raízes, em ambos os sentidos.

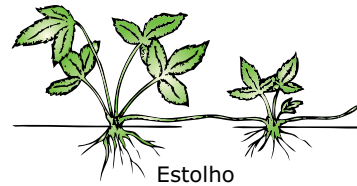
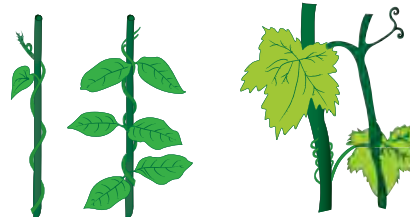
Em um caule típico, distinguimos as seguintes regiões: gemas (apicais e axilares), nós e entrenós (internós).

Partes de um caule

Gemas (botões vegetativos) *– Estruturas constituídas por meristemas primários, responsáveis pelo crescimento do órgão. Podem ser axilares (laterais) e terminais (apicais). O desenvolvimento das gemas axilares origina os ramos. Certas gemas laterais não se desenvolvem normalmente, permanecendo em estado dormente (gemas dormentes), constituindo uma espécie de reserva, pois só se desenvolvem quando a planta precisa de novos ramos, como acontece depois da perda da gema apical ou terminal numa poda.* ***Nós*** *– Regiões do caule nas quais se inserem (se fixam) as gemas, as folhas ou as flores.* ***Entrenós (internós)*** *– Espaços compreendidos entre dois nós consecutivos.*

A observação em microscopia da gema apical (terminal) e regiões subjacentes permite constatar ali a presença de uma zona meristemática, uma zona de distensão e uma zona de diferenciação, conforme mostra a figura a seguir:

Quanto ao meio onde crescem e se desenvolvem, os caules podem ser subterrâneos, aquáticos e aéreos.

A) **Caules subterrâneos** – Desenvolvem-se no interior do solo. Podem ser dos seguintes tipos: rizomas, bulbos e tubérculos.

Caules subterrâneos *– Os rizomas crescem horizontalmente no interior do solo. Podem ser grossos ou delgados e muitas vezes armazenam substâncias nutritivas. De sua parte inferior, saem as raízes e, da superior, as estruturas aéreas do vegetal. O gengibre, usado como tempero principalmente pela cozinha oriental, é um caule desse tipo. Também a bananeira possui esse tipo de caule. Os bulbos apresentam em sua porção inferior uma estrutura discoidal, chamada prato, de onde partem as raízes fasciculadas. Na parte superior, possuem uma gema terminal protegida por folhas modificadas denominadas escamas ou catáfilos. Cebola, alho, açafrão, palma e lírio possuem caule desse tipo. No alho, cada dente é um pequeno bulbo e, por isso, fala-se que ele é um bulbo composto. Os tubérculos são dilatados e contêm um parênquima amilífero bem desenvolvido. Diferenciam-se das raízes tuberosas por apresentarem gemas laterais dormentes. A batatinha (batata-inglesa) é o exemplo mais conhecido desse tipo de caule.*

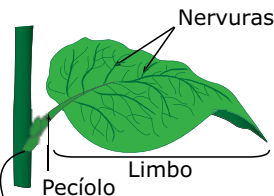
B) Caules aquáticos – Desenvolvem-se no interior da água. São tenros, clorofilados e contêm parênquima aerífero, que facilita a respiração e a flutuação. Como exemplo, temos os caules do aguapé e da vitória-régia.

C) Caules aéreos – Desenvolvem-se em contato com o ar atmosférico. Constituem a maioria dos caules e podem ser dos seguintes tipos: tronco, haste, estipe, colmo, cladódio, estolho, volúvel e sarmentoso.

Troncos, hastes, estipes e colmos *– Os troncos são caules eretos, grossos, duros, lenhosos, muito resistentes e ramificados. É o tipo de caule típico das árvores e arbustos. As árvores diferem dos arbustos por terem o eixo principal do tronco muito mais desenvolvido do que as ramificações. Nos arbustos, o eixo principal e as ramificações têm aproximadamente o mesmo desenvolvimento. As hastes são caules eretos, finos, flexíveis, verdes (clorofilados) e ramificados. Exemplos: caule do tomateiro e do couveiro (couve). Os estipes são caules eretos, cilíndricos, sem ramificações, com um conjunto de folhas apenas em seu ápice (folhas em capitel). É típico da família das palmáceas (coqueiros, palmito, etc.). Os colmos são caules eretos, cilíndricos, divididos em segmentos denominados gomos. Raramente, são ramificados e podem ser ocos ou cheios. O bambu (colmo oco) e a cana-de-açúcar (colmo cheio) são típicos exemplos desses caules.*

Cladódios *– São caules eretos, em forma de fita ou achatados, verdes (clorofilados), ricos em parênquima aquífero (hidrênquima). Suas folhas são ausentes ou transformadas em espinhos. Esse tipo de caule representa uma adaptação a regiões de clima seco. É o tipo de caule das cactáceas (cactos).*

Estolhos (estolões) *– São caules rastejantes (caules prostrados) que crescem paralelamente ao chão. Originam numerosas raízes adventícias que se introduzem no solo, auxiliando na fixação. Exemplos: caules da grama, do morangueiro, da abóbora e da melancia.*

Caules volúveis *– Os caules volúveis são trepadores que crescem dando giros (em espiral) ao redor de um suporte, enquanto os sarmentosos são trepadores que se prendem ao suporte através de gavinhas (modificações caulinares ou foliares enroladas em espiral). Como exemplo de caule volúvel, temos o da trepadeira campânula. Os caules da videira (uva), do chuchu e do maracujá são sarmentosos.*

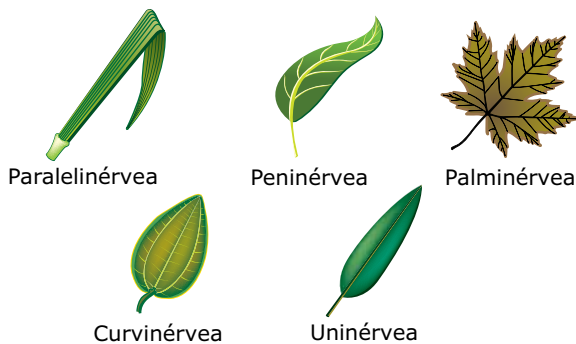
FOLHAS

Órgãos geralmente verdes (clorofilados) que constituem o principal sistema de assimilação (fotossíntese) da planta. Originam-se de protuberâncias laterais do caule denominadas primórdios foliares. Nas xerófitas (plantas de regiões áridas), as folhas são, em geral, pequenas e duras, devido à presença de tecidos de sustentação mecânica e, às vezes, ficam reduzidas a pequenas escamas ou se transformam em espinhos, como nas cactáceas, o que resulta em boa economia de água para a planta, porque diminui a superfície de transpiração. Nas higrófitas (plantas de regiões úmidas), ao contrário, as folhas são em geral grandes, sem tecidos de sustentação. Nas umbrófitas (plantas que crescem à sombra), há maior quantidade de clorofila para garantir uma boa taxa de fotossíntese e, por isso, elas têm um verde mais escuro.

Uma folha completa apresenta bainha, pecíolo e limbo.

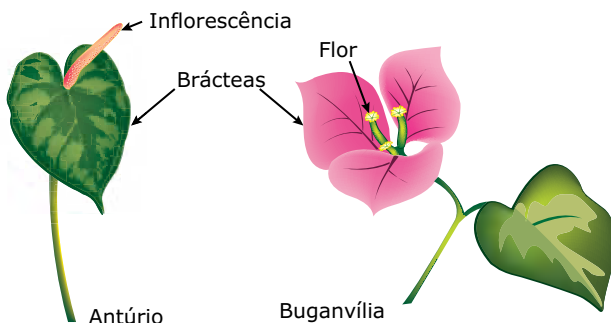
Partes de uma folha

Nervuras
Limbo
Pecíolo
Bainha (nem sempre observada nas folhas)

Bainha *– Estrutura nem sempre presente, representada por um alargamento da base do pecíolo com a finalidade de permitir uma inserção mais firme da folha no caule.*

Em algumas espécies, as bainhas das folhas se desenvolvem mais e envolvem parcialmente o caule, dando uma maior proteção às gemas laterais. Nesse caso, as folhas são denominadas invaginantes e aparecem, por exemplo, na grama e no milho. ***Pecíolo*** *– É a haste que prende a folha ao caule. Em algumas folhas, como nas do fumo, não há pecíolo. Nesse caso, a folha é dita apeciolada ou séssil.* ***Limbo*** *– É a porção laminar da folha, em que se observam nervuras constituídas por feixes líbero-lenhosos. Quanto às nervuras do limbo, as folhas são classificadas em paralelinérveas, peninérveas, curvinérveas, uninérveas e palminérveas*

Classificação das folhas quanto às nervuras – Paralelinérveas: *As nervuras são paralelas. Exemplo: folhas do milho.* ***Peninérveas:*** *A disposição das nervuras lembra uma pena. Exemplo: folhas da mangueira.* ***Curvinérveas:*** *A nervura mediana é ladeada por nervuras curvas. Exemplo: folhas da quaresmeira.* ***Uninérveas:*** *Possuem uma só nervura na região mediana. Exemplo: folhas do craveiro (cravo)·* ***Palminérveas (digitinérveas, reticulinérveas):*** *Da nervura mediana, mais desenvolvida, partem numerosas ramificações que se tornam mais finas à medida que se afastam. Exemplo: folhas do mamoeiro.*

Em algumas espécies de plantas, podem existir folhas modificadas, adaptadas para a realização de diferentes funções (nutrição, proteção, fixação). Assim, temos:

A) **Escamas (catáfilos)** – Folhas aclorofiladas que protegem a gema terminal (apical) de caules subterrâneos do tipo bulbo. Cebola e alho apresentam folhas desse tipo.

B) **Brácteas** – Folhas protetoras que podem apresentar coloração variada, dispostas ao redor das flores. As flores do copo-de-leite e do antúrio apresentam-se protegidas por brácteas.

C) **Espinhos** – Folhas alongadas, finas, rígidas que protegem a planta contra agressões mecânicas e transpiração excessiva. Aparecem, por exemplo, nas cactáceas.

OBSERVAÇÃO

Os espinhos também podem ser modificações caulinares (do caule), como acontece nas laranjeiras e nos limoeiros, em que têm a finalidade de proteger a planta, afastando dela animais que poderiam danificá-la.

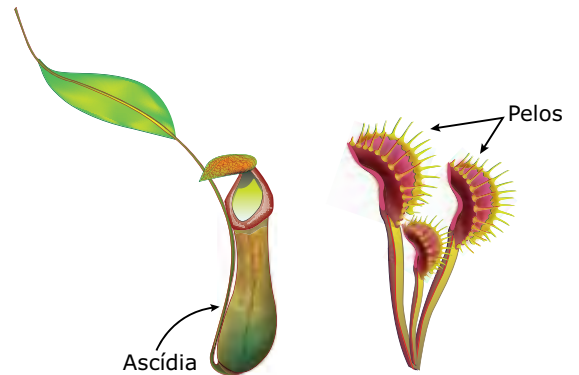
D) **Gavinhas** – Folhas modificadas, longas, finas e flexíveis, que se enrolam em um suporte qualquer ao entrarem em contato com o mesmo. Aparecem, por exemplo, no chuchu e na ervilha.

OBSERVAÇÃO

As gavinhas também podem ser modificações do caule, como acontece na videira e no maracujá.

E) **Cotilédones** – Folhas embrionárias ricas em reservas nutritivas que serão utilizadas no desenvolvimento do embrião durante o período de germinação das sementes.

F) **Folhas coletoras** – Aparecem em plantas epífitas, formando uma bolsa na qual se acumulam água e substâncias que caem das copas das árvores sobre as quais crescem.

G) **Folhas insetívoras** – Folhas modificadas, adaptadas à captura e digestão de insetos.

Folhas insetívoras *– Em algumas espécies de plantas, as folhas insetívoras formam uma urna, denominada ascídia, constituída por tecido secretor que produz um líquido ácido, contendo enzimas proteolíticas, para digestão dos insetos que nela caem e ficam aprisionados; em outras espécies, a folha insetívora é dividida em duas metades que se fecham abruptamente quando tocadas, aprisionando os insetos.*

FLORES E SEMENTES

As flores são formadas por um conjunto de folhas modificadas e especializadas na reprodução. As sementes, contendo em seu interior o embrião, resultam do desenvolvimento dos óvulos após a fecundação.

A floração (formação das flores) é um mecanismo bastante complexo que, dependendo da espécie de planta, sofre influência de certos hormônios vegetais e de alguns fatores ambientais, como a chuva, a luminosidade e a temperatura.

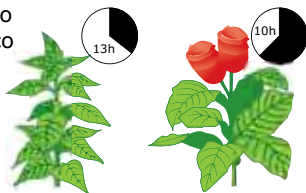
Na Caatinga, por exemplo, a maioria das plantas depende principalmente das chuvas para florescer. Já em outras espécies, a floração depende principalmente do fotoperíodo.

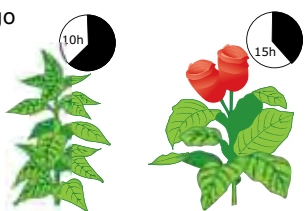
O fotoperíodo é a relação entre a duração dos dias (período iluminado) e das noites (período escuro). A resposta fisiológica da planta a essa relação é chamada fotoperiodismo. Cada espécie apresenta um fotoperíodo crítico que corresponde a um determinado valor, em horas de iluminação diária, que, se não for obedecido, provoca alteração da resposta de floração. O fotoperíodo crítico varia de espécie para espécie, mas é constante numa mesma espécie. Assim, podemos classificar as plantas em três categorias: plantas neutras ou indiferentes, plantas de dias curtos (PDC) ou plantas de noites longas e plantas de dias longos (PDL) ou de noites curtas.

As plantas indiferentes ou neutras são aquelas que florescem independentemente do fotoperíodo. Nesse caso, a floração ocorre em resposta a outros tipos de estímulos. Exemplos: tomate, pimentão, milho, feijão e girassol.

As plantas de dias curtos florescem quando a duração da iluminação estiver abaixo do fotoperíodo crítico. Em outras palavras, são aquelas que florescem quando a duração da noite (período escuro) é igual ou maior que o fotoperíodo crítico. Florescem principalmente no início da primavera ou no outono. Exemplos: morango, fumo e dália.

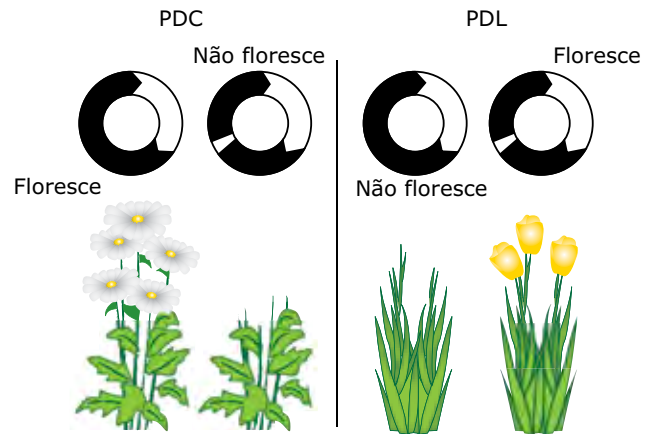
As plantas de dias longos são as que florescem quando a duração da iluminação estiver acima do fotoperíodo crítico. Em outras palavras, elas florescem quando submetidas a períodos de escuridão inferiores ao fotoperíodo crítico. Essas plantas florescem principalmente no verão. Exemplos: flores da alface, espinafre, trigo, cevada e rabanete.

Planta de dia curto (fotoperíodo crítico de 11 horas)

As plantas de dia curto florescem em fotoperíodos menores que o crítico.

Planta de dia longo (fotoperíodo de 13 horas)

As plantas de dia longo florescem em fotoperíodos maiores que o crítico.

Nas plantas em que a floração depende do fotoperíodo, a substância sensível à luz relacionada com essa atividade é um pigmento de cor azul-esverdeada, semelhante à ficocianina das cianobactérias, denominado fitocromo.

O fitocromo é uma cromoproteína encontrada em quantidades muito pequenas em todo o corpo da planta e, em maior concentração, nos tecidos meristemáticos apicais das raízes e dos caules. Algumas pesquisas demonstram que são os fitocromos localizados nas folhas que participam da floração.

Em 1938, Hanner e Bonner, estudiosos do fotoperiodismo das plantas, constataram que a floração das plantas, na realidade, é determinada pelo período de escuridão, ou seja, pelo tempo de duração da noite, e não do dia. Esses pesquisadores observaram que as plantas de dias curtos precisam de uma noite longa para florescer, mas, se o período de escuridão for interrompido por até mesmo 1 minuto de exposição à luz, elas não florescem. Por outro lado, se houver interrupção do período de luz, a floração não se altera. As plantas de dias longos, por sua vez, necessitam de noites curtas, sendo, porém, capazes de florescer quando submetidas a noites longas interrompidas pela luz. Apesar dessas observações, o fenômeno continuou a ser denominado fotoperiodismo.

Precisam de uma noite longa para florescer. Se o período de escuridão for interrompido por até mesmo 1 minuto de exposição à luz, elas não florescem.

Precisam de noites curtas, florescendo quando submetidas a noites longas interrompidas pela luz.

Algumas plantas só respondem ao fotoperíodo depois de receberem algum outro tipo de estimulação, como baixas temperaturas. O trigo de inverno, por exemplo, não florescerá a menos que fique exposto por várias semanas a temperaturas inferiores a 10 °C. Essa necessidade de frio para florescer é comum em muitas plantas de clima temperado, sendo chamada de vernalização. Se, após a vernalização, o trigo de inverno (uma planta de dia curto) for submetido a fotoperíodos indutores menores que o fotoperíodo crítico, ele florescerá.

FRUTOS

São órgãos que se originam do desenvolvimento dos ovários das flores, normalmente após a fecundação dos óvulos. Compõem-se basicamente de duas partes: pericarpo e semente.

O pericarpo é o fruto propriamente dito, constituído por três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo.

Partes de um fruto* – *Epicarpo (casca): *É a camada mais externa do fruto.* ***Mesocarpo:*** *É a camada média ou intermediária do fruto.* ***Endocarpo:*** *É a camada interna que envolve a(s) semente(s).*

De acordo com a consistência do pericarpo, os frutos podem ser carnosos ou secos.

A) Frutos carnosos – Apresentam pericarpo suculento com reservas de água, sais minerais e substâncias orgânicas. Exemplos: laranja, limão, mamão, melancia, tomate, goiaba, uva, pêssego, ameixa, manga, abacate.

B) Frutos secos – Apresentam pericarpo seco devido a uma desidratação quase total. Exemplos: feijão, ervilha, milho, trigo, arroz, castanha-de-caju, girassol.

Quando maduros, os frutos podem ser deiscentes ou indeiscentes.

A) Frutos deiscentes – Quando maduros, abrem-se naturalmente, permitindo a saída das sementes. Exemplos: feijão, soja, arroz, ervilha.

B) Frutos indeiscentes – Quando maduros, não se abrem naturalmente para a saída das sementes. Exemplos: laranja, melancia, tomate, pêssego, castanha-de-caju.

Entre os diversos tipos de frutos, destacamos:

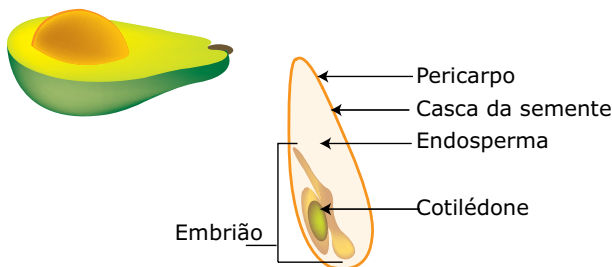
A) Baga – Fruto carnoso, indeiscente, com várias sementes livres. Exemplos: laranja, melancia, mamão, tomate, uva, limão, goiaba.

B) Drupa – Fruto carnoso, indeiscente, com uma única semente protegida por um endocarpo duro (lignificado). Exemplos: manga, abacate, pêssego, azeitona.

C) Cariopse – Fruto seco, indeiscente, com uma semente intimamente aderida ao pericarpo em toda a sua extensão. Exemplos: arroz, trigo, milho.

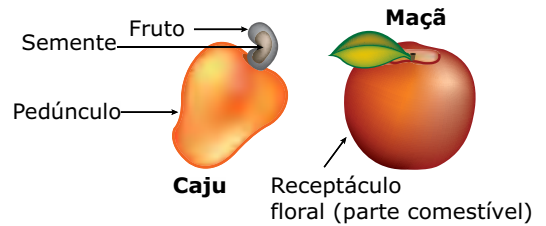
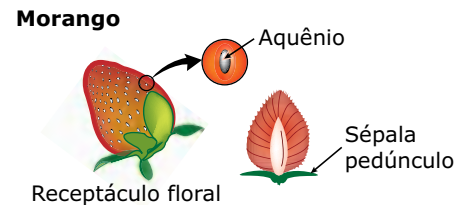
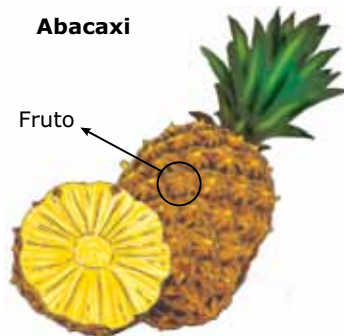
D) Aquênio – Fruto seco, indeiscente, com uma semente ligada ao pericarpo através de um ponto. Exemplos: girassol, morango, castanha-de-caju.

E) Vagem ou legume – Fruto seco, deiscente, que se abre para liberar as sementes através de duas fendas longitudinais. Exemplos: feijão, soja, ervilha. O amendoim também é um exemplo de vagem que, por se desenvolver no interior do solo, recebe o nome de fruto geocárpico.

Ervilha (vagem)

Quanto à origem, os frutos podem ser classificados em **verdadeiros** ou **pseudofrutos**.

A) Frutos verdadeiros – Originam-se apenas dos ovários das flores. Exemplos: Abacate e pêssego.

B) Pseudofrutos – São formações suculentas, comestíveis, originárias de outras partes da flor (pedúnculo, receptáculo). Exemplos: no caju, o verdadeiro fruto, originário do ovário floral, é a parte conhecida por castanha-de-caju, enquanto o pedúnculo origina um pseudofruto; na maçã e no morango, a porção comestível é originada do receptáculo da flor.

Os pseudofrutos podem ser simples, compostos ou múltiplos.

Pseudofrutos simples *– Originam-se do pedúnculo ou do receptáculo de uma só flor. Exemplos: caju, maçã, pera e marmelo.*

Pseudofrutos compostos *– Originam-se do receptáculo de uma só flor com muitos ovários. Exemplo: morango.*

Pseudofrutos múltiplos ou infrutescências *– Originam-se de várias partes das diversas flores de uma inflorescência. Exemplos: amora, abacaxi e figo.*

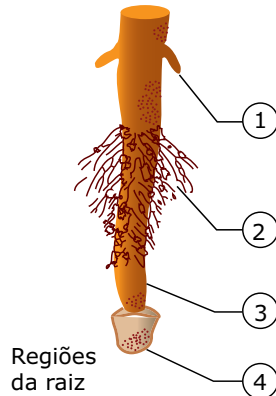
Algumas vezes, o ovário de uma flor pode se desenvolver sem que tenha ocorrido a fecundação. Esse fenômeno é denominado partenocarpia e é responsável pela formação de frutos partenocárpicos, ou seja, frutos que não possuem sementes. Banana, laranja-da-baía e limão taiti são exemplos de frutos partenocárpicos.

No caso da bananeira, a reprodução é assexuada (vegetativa), natural, através de brotos que surgem do grande rizoma (caule subterrâneo). Já o limão taiti e a laranja-da-baía são espécies selecionadas pelo homem a partir de mutações e mantidas em culturas através de enxertos, que são reproduções assexuadas artificiais, isto é, feitas pelo homem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) **NÃO** apresenta caule subterrâneo:

A) Alho
B) Cebola
C) Batatinha
D) Bananeira
E) Batata-doce

02. (UFMG) Observe a figura.

O crescimento e a absorção ocorrem, respectivamente, nas regiões indicadas por

A) 1 e 2.
B) 1 e 4.
C) 2 e 3.
D) 3 e 2.
E) 4 e 1.

03. (PUC RS) Solicitou-se a um grupo de alunos que cada um apresentasse um exemplar (inteiro ou parte dele) de uma planta com caule do tipo colmo. Atendeu **CORRETAMENTE** o solicitado o aluno ____________________ com um exemplar de ________________________________ .

A) Fernando – roseira
B) Telmo – laranjeira
C) Rafael – milho
D) Pedro – mamoeiro
E) Geraldo – feijoeiro

04. (UEL-PR) Uma dona de casa prepara uma sopa com água, carne, cenoura, salsinha, batatinha-inglesa e sal. Os órgãos vegetais usados para a sopa são

A) raiz, folha e fruto.
B) fruto, caule e raiz.
C) raiz, folha e caule.
D) caule, semente e folha.
E) raiz, caule e semente.

05. (PUC-Campinas-SP) As figuras a seguir representam o comportamento de plantas submetidas a diferentes fotoperíodos.

Planta de dia curto (PDC)

Planta de dia longo (PDL)

Com base nessas figuras, foram feitas as seguintes afirmações:

I. As plantas de dia curto precisam de uma noite longa, não interrompida pela luz, para florescer.
II. As plantas de dia longo podem florescer quando noites longas são interrompidas pela luz.
III. As plantas de dia longo e as de dia curto florescem nas mesmas condições de iluminação.

Dessas afirmações, apenas

A) I é correta.
B) II é correta.
C) III é correta.
D) I e II são corretas.
E) I e III são corretas.

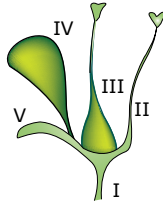
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

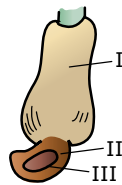
01. (UFMG) Uma salada servida num restaurante especializado, em Belo Horizonte, está fazendo enorme sucesso. Na primeira coluna, estão listados todos os ingredientes que fazem parte da receita e, na segunda, a classificação dos mesmos feita por um frequentador do restaurante. O critério usado, nessa classificação, foi considerar a parte do vegetal a qual, usualmente, se come.

I	II
1. Palmito	caule modificado
2. Beterraba	raiz
3. Vagem	fruto
4. Cenoura	raiz
5. Batata-inglesa	raiz
6. Milho	semente
7. Nozes picadas	semente
8. Passas	semente
9. Azeitona	fruto

Indique a alternativa em que todas as classificações estão **CORRETAS**.

A) 1 – 2 – 6 – 8
B) 1 – 2 – 4 – 6
C) 2 – 4 – 7 – 9
D) 3 – 5 – 6 – 9
E) 3 – 5 – 7 – 8

02. (UFMG) Qual das alternativas apresenta a relação **CORRETA** entre as estruturas da flor e os números indicados na figura?

	I	II	III	IV	V
A)	Pedúnculo	estame	estigma	sépala	pétala
B)	Pedúnculo	estame	gineceu	pétala	sépala
C)	Pecíolo	estilete	estame	pétala	sépala
D)	Pedúnculo	antera	ovário	sépala	pétala
E)	Pecíolo	estame	estigma	pétala	sépala

03. (FCMMG) Considere as áreas apontadas como I, II e III em um caju. Assinale a opção que encerra uma afirmação **CORRETA** com relação à figura.

A) I provém do ovário da flor.
B) II provém do pedúnculo floral.
C) I é o falso fruto e é comestível.
D) II é a semente comestível.
E) III é o verdadeiro fruto.

04. (UFPI) A porção dilatada sobre a qual se inserem os verticilos florais é denominada

A) verticilos de proteção.
B) receptáculo.
C) ovário.
D) pedúnculo.
E) verticilos de reprodução.

05. (UFMG) A parte comestível de uma planta é variável (raiz, folha, etc.), dependendo da espécie vegetal. Seria **INCORRETO** dizer que o que se come

A) da couve-flor é a flor.
B) do nabo é a raiz.
C) do amendoim é o fruto.
D) da cebola é o bulbo.
E) da noz é a semente.

06. (PUC Minas) O processo reprodutivo envolvido na origem de frutos sem sementes é

A) neotenia.
B) partenocarpia.
C) pedogênese.
D) poliembrionia.
E) cissiparidade.

07. (PUC Minas) Marília encomendou, num supermercado virtual, frutas, hortaliças e legumes. Ao receber a encomenda, relatou para o marido que, no pacote de legumes, comprou abobrinhas, batatinha, vagem, quiabo, cenoura, berinjela e ervilha em vagem. De legume mesmo, no conceito de botânica, ela conseguiu quantos exemplares dos citados?

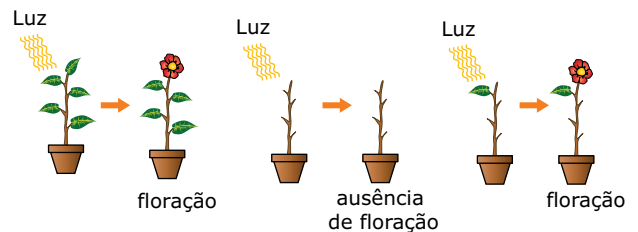
A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

08. (UFJF-MG) Plantas cujo florescimento é influenciado pelo comprimento do dia e da noite apresentam o fenômeno de fotoperiodismo. Uma planta A, de dia curto, apresenta fotoperíodo crítico de 15 horas de iluminação. Outra planta B, de dia longo, apresenta fotoperíodo crítico de 13 horas de iluminação. Entre as opções a seguir, assinale aquela que corresponde ao fotoperíodo no qual essas duas plantas poderão florescer simultaneamente.

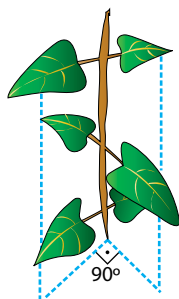
A) 11 horas de iluminação
B) 16 horas de iluminação
C) 14 horas de iluminação
D) 12 horas de iluminação

09. (UFJF-MG) Em certas espécies de vegetais, a floração é controlada não só pelo fotoperiodismo, mas também por um período de frio para que ela seja induzida. Na natureza, esse período corresponde ao inverno, porém, em laboratório, podemos substituí-lo por um período em que o vegetal é submetido a baixas temperaturas. A esse efeito indutor da floração chamamos

A) termoterapia.
B) resfriamento.
C) estratificação.
D) vernalização.
E) compensação.

10. (UFMG) Este esquema refere-se a um experimento realizado para estudar a floração em três plantas da mesma espécie que foram submetidas ao mesmo tempo de exposição à luz (fotoperíodo).

Com base nos resultados observados, todas as conclusões são possíveis, **EXCETO**

A) O tratamento fotoperiódico de uma única folha ou de toda a planta produz o mesmo efeito.
B) A floração da planta depende da retirada de algumas folhas.
C) A planta sem folhas não apresenta fotoperiodismo.
D) A planta intacta floresce após um fotoperiodismo adequado.

11. (UFRJ) A distribuição das folhas de uma planta ao longo dos nós presentes no caule segue padrões de organização conhecidos como filotaxia. Na "filotaxia oposta", as folhas aparecem aos pares em cada nó e cada folha está diretamente oposta à outra. Além disso, o par de um nó forma ângulo de 90° com os pares imediatamente superior e inferior. Em geral, os nós são também distantes entre si.

EXPLIQUE a importância da filotaxia oposta para os processos metabólicos das plantas.

SEÇÃO ENEM

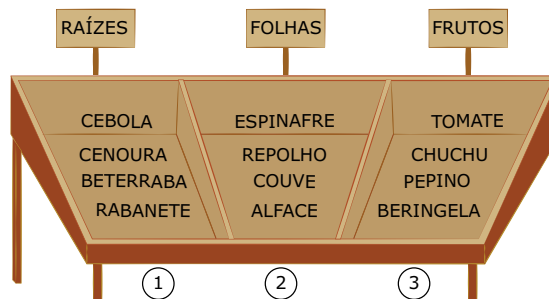
01. Alguns vegetais apresentam órgãos que consumimos como alimento. Um aluno de uma escola de Ensino Médio recebeu de seu professor de Biologia uma lista de diversos vegetais considerados comestíveis. Com essa lista, o aluno elaborou o quadro a seguir, onde, com o sinal (x), indicou o órgão da planta utilizado como principal alimento.

Vegetais comestíveis	Raiz	Caule	Fruto	Pseudofruto
Batata-inglesa	x			
Azeitona			x	
Tomate			x	
Manga			x	
Pera				x
Mandioca		x		
Maçã			x	
Cenoura	x			
Cebola	x			
Morango				x
Pepino			x	

Após analisar o quadro, o professor informou ao aluno que ele havia cometido alguns erros.

Com base nos conhecimentos de organologia vegetal, o número de erros cometidos pelo aluno foi

A) dois.
B) três.
C) quatro.
D) cinco.
E) seis.

02. Em uma feira-livre, os produtos hortifrutigranjeiros que estavam à venda foram distribuídos em diversas bancas cujas placas indicavam as partes dos vegetais que normalmente utilizamos em nossa alimentação. Nas bancas 1, 2 e 3 eram encontrados os seguintes produtos:

Considerando critérios exclusivamente botânicos, a distribuição desses produtos está correta na(s) banca(s)

A) 1, 2 e 3.
B) 1 e 2, apenas.
C) 1 e 3, apenas.
D) 2 e 3, apenas.
E) 2, apenas.

GABARITO

Fixação

01. E
02. D
03. C
04. C
05. D

Propostos

01. C
02. B
03. C
04. B
05. C
06. B
07. B
08. C
09. D
10. B
11. A filotaxia oposta reduz o autossombreamento das folhas, permitindo maior captação da luz solar, necessária aos processos fotossintéticos.

Seção Enem

01. C
02. D

BIOLOGIA

MÓDULO 23 FRENTE D

Fisiologia vegetal

Os conhecimentos das funções das plantas, adquiridos pelas observações e por meio de pesquisas experimentais, muito têm contribuído para o desenvolvimento de importantes técnicas agrícolas que objetivam garantir uma maior e melhor produtividade, como também permitem desenvolver estudos e planejamentos mais seguros acerca da atuação humana nos ecossistemas, contribuindo para uma utilização mais racional dos recursos vegetais.

NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

Por meio da fotossíntese, as plantas sintetizam glicose a partir de substâncias inorgânicas (água e gás carbônico). A glicose é um importante alimento orgânico que a planta utiliza na respiração celular, podendo também armazená-lo sob a forma de amido. Além de alimentos orgânicos, obtidos basicamente por meio da fotossíntese, a planta também necessita de nutrientes minerais para o seu crescimento e desenvolvimento, uma vez que eles entram na composição de importantes substâncias (pigmentos, vitaminas, enzimas, hormônios). Dependendo da espécie de planta, esses minerais são requeridos em doses variadas e podem ser subdivididos em dois grupos: macronutrientes e micronutrientes.

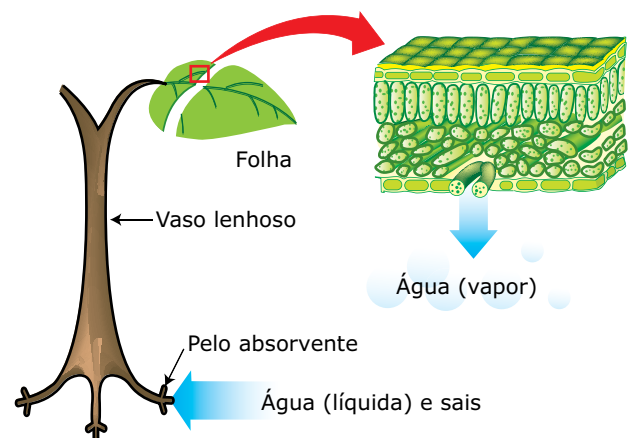
Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre	Ferro, cobre, zinco, boro, cobalto, cloro, molibdênio e níquel

Elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas *– Os macronutrientes são requeridos pela planta em grandes doses, enquanto os micronutrientes, embora indispensáveis, são requeridos em quantidades muito pequenas.*

O carbono e o oxigênio normalmente são obtidos do gás carbônico absorvido do meio. Lembre-se de que, no caso das plantas terrestres, o CO_2 é absorvido da atmosfera, penetrando no corpo da planta através dos estômatos existentes na superfície das folhas. Através dos estômatos, a planta também pode absorver O_2 da atmosfera. O hidrogênio, juntamente com o oxigênio, é obtido da água que, no caso das plantas terrestres, é retirada do solo por intermédio das raízes. Dissolvidos na água absorvida pelas raízes, encontram-se numerosos outros nutrientes minerais.

A solução aquosa (água + sais minerais) absorvida pelas raízes, chamada de seiva bruta (seiva mineral, seiva inorgânica), precisa chegar ao lenho, pois é através dos vasos lenhosos que ela alcançará outras partes da planta (caule, folhas, flores), que também necessitam da água e dos nutrientes minerais.

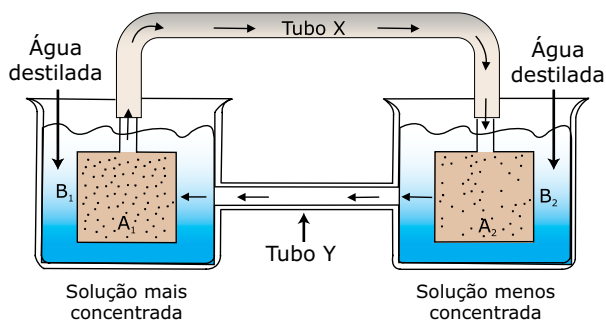
CONDUÇÃO DA SEIVA BRUTA

Três fenômenos distintos estão envolvidos na subida da seiva bruta das raízes até as folhas: pressão positiva da raiz, capilaridade e transpiração foliar.

O transporte da seiva bruta *– A ascensão da seiva bruta é determinada pela: 1) Intensa absorção de água (e sais) pelas raízes, promovendo uma pressão de "propulsão"; 2) Capilaridade (força de atração entre as moléculas de água e as paredes dos vasos); 3) Transpiração e fotossíntese (nas folhas), que determinam a retirada da água do interior dos vasos lenhosos. A folha exerce, então, uma força de sucção que é considerada o principal fator que justifica a subida da seiva bruta, segundo a teoria de Dixon.*

CONDUÇÃO DA SEIVA ELABORADA

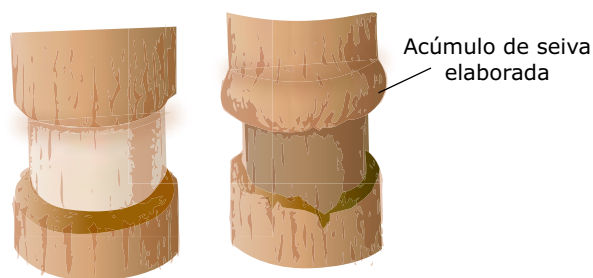
A seiva elaborada, produzida nas folhas através da fotossíntese, será transportada para os outros órgãos da planta pelos vasos liberianos (floema, líber).

Enquanto a seiva bruta tem um sentido de condução ascendente (das raízes para as folhas), o sentido de condução da seiva elaborada é normalmente descendente (das folhas para as raízes). Entretanto, quando substâncias nutritivas de reservas são mobilizadas nos órgãos de reserva (raízes, por exemplo), o fluxo torna-se ascendente.

A teoria mais aceita para explicar o mecanismo de condução da seiva elaborada foi proposta pelo botânico alemão Ernest Münch. Segundo sua teoria, o transporte da seiva elaborada resulta da diferença de pressão osmótica entre os órgãos produtores da planta e os órgãos que são apenas consumidores. Dessa forma, a seiva elaborada circula sempre no sentido dos órgãos dotados de grandes pressões osmóticas (altamente concentrados) para os órgãos de baixas pressões osmóticas (pouco concentrados). Assim, o fluxo da seiva elaborada é normalmente descendente, pois as folhas, através da fotossíntese, fabricam glicose, apresentando, assim, altas concentrações de açúcares solúveis (glicose). A água sugada do lenho (vasos lenhoso) pelas folhas arrasta esses açúcares para o interior do líber (vasos liberianos), transportando-os até os órgãos consumidores. Nesses órgãos, se chegarem açúcares solúveis em quantidade maior do que eles são capazes de consumir, o excesso é armazenado sob a forma insolúvel (amido) e as concentrações são mantidas baixas. Por isso, enquanto houver diferenças de concentrações ou de pressões osmóticas entre os órgãos produtores e consumidores, o fluxo é mantido. Münch idealizou a seguinte experiência para explicar sua teoria:

Experiência de Münch *– A_1 e A_2 são dois osmômetros com membranas semipermeáveis, contendo soluções de água e sacarose, que estão interligados através de um tubo de vidro X.*

A concentração da solução em A_1 é maior do que a de A_2. Os osmômetros (A_1 e A_2) foram mergulhados em recipientes (B_1 e B_2) contendo água destilada e interligados pelo tubo Y. Por osmose, a água penetra tanto em A_1 como em A_2. Entretanto, a força de sucção de A_1 é maior, uma vez que nele a solução é mais concentrada e, portanto, desenvolve uma pressão osmótica maior, puxando mais água para o seu interior. Assim, A_1 absorve mais água do que A_2. Com isso, a pressão hidrostática dentro do osmômetro A_1 torna-se maior do que no osmômetro A_2, fazendo com que a solução (água + sacarose) comece a avançar pelo tubo X, no sentido $A_1 \rightarrow A_2$. A pressão hidrostática em A_2 torna-se, então, superior à sua pressão osmótica, isto é, a "força que empurra a água para fora" supera a "força que a puxa para dentro". Nessa situação, a água começa a passar do osmômetro A_2 para o recipiente B_2 e daí penetra no tubo Y. Uma vez no tubo Y, a água passa a ser "sugada" pelo osmômetro A_1, fato explicado pela alta pressão osmótica existente nesse osmômetro, que tem solução altamente concentrada. Fazendo uma analogia entre o sistema idealizado por Münch e o sistema biológico de uma planta, temos: osmômetro A_1: corresponde às folhas ou órgãos produtores, dotados de alta concentração. Pode representar também os órgãos de reserva, quando substâncias nutritivas neles armazenadas são mobilizadas; osmômetro A_2: corresponde aos órgãos consumidores da planta, que recebem seiva elaborada; tubo X: corresponde aos vasos liberianos; tubo Y: corresponde aos vasos lenhosos; solução de açúcar: seiva elaborada.

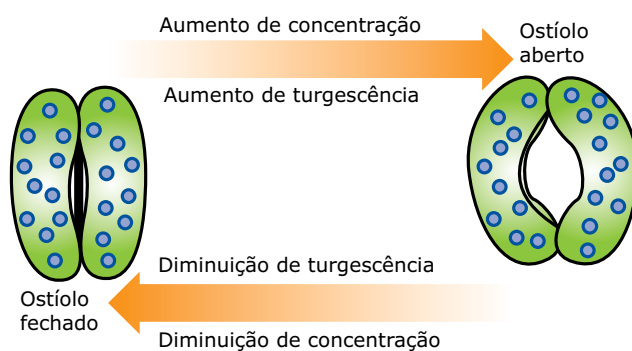
Em determinadas situações, o fluxo da seiva elaborada pode ser ascendente. Isso acontece quando as substâncias nutritivas armazenadas nos órgãos de reserva são mobilizadas. Assim, o amido (insolúvel) armazenado converte-se em açúcar solúvel (glicose), acarretando o aumento da concentração nesses órgãos, que, então, passam a apresentar fortes pressões osmóticas. A água absorvida passa a ser sugada pelas células de reserva, fato que promove a ida dos açúcares solúveis para o caule, folhas e flores, de forma ascendente.

A prova de que o líber é o tecido responsável pela condução da seiva elaborada pode ser feita através do cintamento, experiência também conhecida como o anel de casca ou anel de Malpighi.

Anel de Malpighi *– O experimento consiste em se retirar toda a casca (córtex) em torno da base de um caule.*

Tal procedimento causa a ruptura dos vasos liberianos que são mais periféricos do que os vasos lenhosos. Interrompe-se, assim, o fluxo descendente da seiva elaborada, mas o lenho, que ocupa posição mais interna, continua funcionando por certo tempo. Geralmente, dias depois, após terem suas reservas esgotadas, as raízes morrem; com a morte das raízes, paralisa-se a absorção e, consequentemente, o transporte de água até as folhas, que, por sua vez, começam a murchar e secar, acarretando a morte da planta. A interrupção do floema também provoca acúmulo de seiva elaborada na extremidade do ramo. Após alguns dias da retirada do anel de Malpighi, nota-se um engrossamento da região do corte, devido ao acúmulo da seiva elaborada.

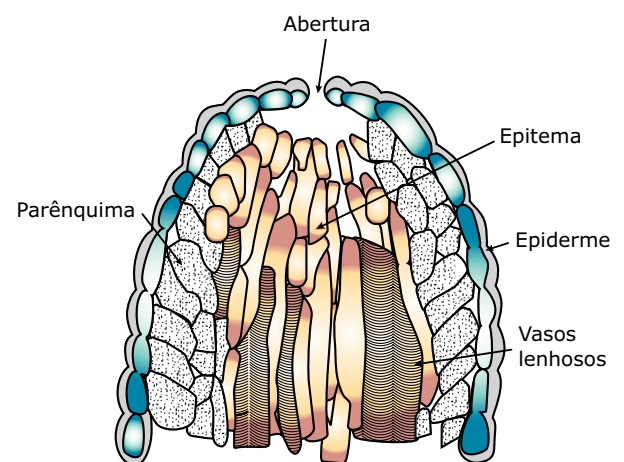
TRANSPIRAÇÃO

A transpiração consiste na perda de água sob a forma de vapor e pode ser cuticular ou estomática. A cuticular é feita através da cutícula (camada de cutina situada sobre a epiderme da folha exposta ao ar atmosférico), enquanto a estomática é realizada através dos estômatos.

A transpiração cuticular é pouco intensa e independe do controle da planta, enquanto a transpiração estomática responde por mais de 90% do total da transpiração realizada pela planta e depende do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos. Esse mecanismo sofre influência de diferentes fatores ambientais, como o suprimento de água de que a planta dispõe, a intensidade de luz e a concentração de CO_2.

***Abertura e fechamento dos estômatos** – Quando a absorção de água pela planta for adequada e a velocidade de transpiração se mantiver baixa, todas as células da folha, inclusive as células-guarda, tendem para um estado de turgescência, com consequente abertura do ostíolo. Ao contrário, se a velocidade da transpiração for superior à velocidade de absorção de água (num dia muito seco, por exemplo), a perda da turgescência das células-guarda leva ao fechamento do ostíolo, o que evita a perda de maiores quantidades de água, reduzindo a transpiração estomática e acarretando uma economia hídrica para o vegetal.*

A maior parte das plantas abre os estômatos assim que o Sol nasce, fechando-os ao anoitecer. Dessa forma, as folhas permitem a entrada do gás carbônico para a realização da fotossíntese. O suprimento de gás oxigênio para a respiração, acumulado no interior da folha, dura geralmente a noite inteira. Entretanto, nas crassuláceas (plantas dicotiledôneas adaptadas a regiões áridas), os estômatos permanecem fechados durante o dia (quando as folhas estão expostas à luz forte e a temperaturas altas) e abertos durante a noite. Isso não prejudica a realização da fotossíntese porque essas plantas fixam o CO_2 absorvido durante a noite em moléculas de ácidos orgânicos (málico, isocítrico) que serão degradados durante o dia, liberando o CO_2 necessário para a realização da fotossíntese. Com isso, no forte calor do dia, mantendo os estômatos fechados, as crassuláceas não correm o risco de uma transpiração estomática excessiva, o que certamente aconteceria se elas os mantivessem abertos. Trata-se na realidade de uma adaptação dessas plantas a um ambiente hostil, muito seco, onde a economia de água é fundamental para a sobrevivência.

SUDAÇÃO (GUTAÇÃO)

É a eliminação de água sob a forma líquida (gotículas) feita através dos hidatódios localizados nos bordos das folhas. O líquido gutado não é apenas água pura, mas uma solução com alguns íons minerais. Normalmente, ocorre à noite, caso a planta se torne hidricamente saturada, ou seja, quando a absorção for maior do que a transpiração realizada durante o dia. Desse modo, o excesso de água e sais absorvidos é eliminado pelas folhas através dos hidatódios. Esse processo é uma decorrência direta do impulso da raiz.

***Esquema microscópico de um hidatódio** – O espaço logo abaixo dos hidatódios é ocupado por um tecido de preenchimento denominado epitema. Sobre o epitema, terminam vasos lenhosos que aí liberam o excesso de água e de sais minerais que serão, então, eliminados sob a forma de gotículas.*

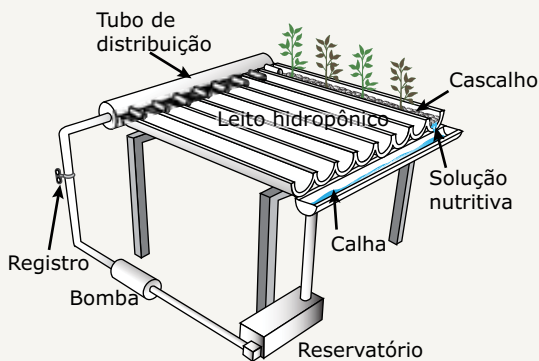
OBSERVAÇÃO

Não se deve confundir a gutação com a exsudação. A exsudação consiste na eliminação de uma solução aquosa em locais de ferimentos e é comumente observada em várias plantas no ato da poda.

LEITURA COMPLEMENTAR

Hidroponia

A hidroponia (do grego *hydro*, água e *ponos*, trabalho) é uma técnica que permite o cultivo de plantas herbáceas na ausência de terra, sendo utilizada especialmente no cultivo de verduras, hortaliças, ervas aromáticas e plantas ornamentais. Com essa tecnologia, as raízes das plantas são mantidas mergulhadas numa solução aerada contendo todos nutrientes minerais de que a planta necessita para o seu desenvolvimento normal. Essa solução nutritiva circula em canaletas forradas com cascalho fino e areia, nas quais se desenvolvem as raízes, ficando as pequenas mudas fixas no suporte.

Cultivo hidropônico

Cultivo hidropônico

A hidroponia permite a implementação da agricultura em lugares onde ela não é praticável devido à debilidade do solo, como também viabiliza a produção de alimentos em zonas áridas, de clima temperado ou frio. Em muitos lugares, já existem fazendas hidropônicas, mantidas até em desertos, como acontece em certas regiões de Israel, México e Colorado, nos EUA. Nas viagens espaciais, essa técnica poderá ser de grande valia para a obtenção de alimentos frescos, pois não necessita de solo ou de muito espaço.

Outra vantagem reside no fato de que essa tecnologia não provoca a erosão do solo como os cultivos normalmente realizados na terra. Além disso, proporciona grande economia de água, já que a mesma é reutilizada, contribuindo, assim, para a solução de problemas de conservação de recursos naturais.

O cultivo feito por meio da hidroponia também dispensa o uso de pesticidas, uma vez que as plantas ficam livres de parasitas, bactérias e fungos que, normalmente, vivem no solo. Isso, evidentemente, contribui para uma melhor qualidade dos alimentos cultivados, bem como para uma maior produtividade.

A hidroponia requer menos espaço e capital para maior produção, o que reduz os custos de forma considerável. Permite, ainda, a redução dos custos com transporte, já que o cultivo pode ser feito próximo ao local do consumo.

É devido a uma série de vantagens que a hidroponia vem se constituindo uma alternativa viável para a produção de alimentos em diversas situações.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFU-MG) Analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa **CORRETA**.

I. Macronutrientes são aqueles nutrientes utilizados em grandes quantidades pelas plantas para um desenvolvimento adequado.

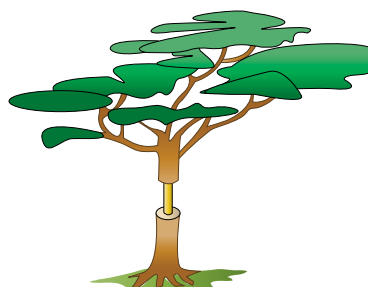
II. São macronutrientes: C, H, O, N, K, P, Ca, S e Mg.

III. Micronutrientes são aqueles nutrientes utilizados em quantidades muito pequenas e seu excesso é prejudicial.

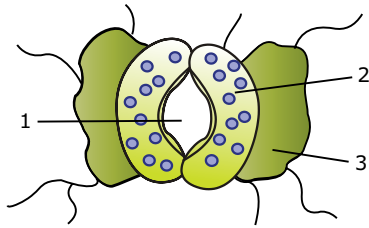
IV. São micronutrientes: Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cℓ e Co.

V. As angiospermas podem completar seu ciclo de vida de semente a semente, apenas com os macronutrientes.

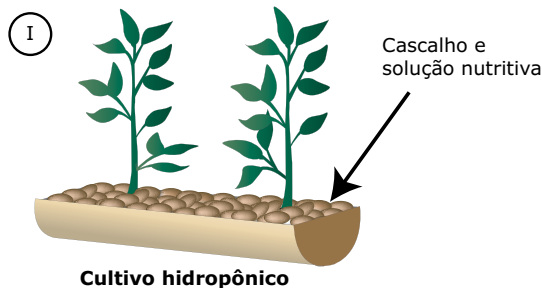
A) III, IV e V estão corretas.
B) I, II, III e IV estão corretas.
C) Apenas I e III estão corretas.
D) I, II e V estão corretas.
E) Estão corretas todas as afirmativas.

02. (UFMG)

Retirou-se um anel na casca de uma árvore abrangendo toda a circunferência do tronco. A causa da morte da árvore, observada algum tempo depois, ocorreu provavelmente por ter sido impedido o processo de

A) ascensão de sais minerais.
B) realização de fotossíntese.
C) circulação da seiva elaborada.
D) transpiração.
E) respiração.

03. (UFU-MG)

O desenho anterior representa um estômato e sobre ele é **ERRADO** dizer que

A) tem importante função na transpiração, na fotossíntese e na respiração das plantas.
B) 1 é o ostíolo por onde passam gases e água na forma de vapor.
C) 2 é uma célula rica em cloroplasto e acumula amido.
D) 3 é uma célula anexa que não realiza fotossíntese.
E) quando as células estomáticas murcham, a abertura de 1 aumenta.

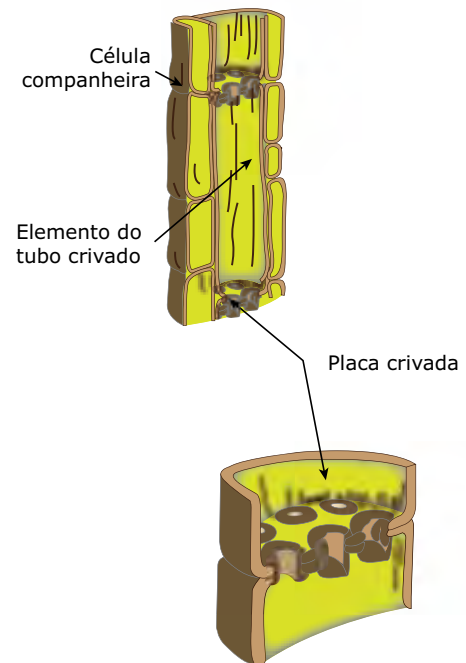
04. (UFMG) A figura a seguir representa o cultivo de tomates em um sistema hidropônico I e em um canteiro adubado II.

Cultivo hidropônico

Cultivo convencional

Verificou-se que a produção de tomates em I e II não apresentou diferenças quantitativas e nem qualitativas.

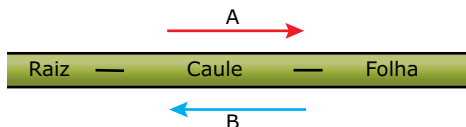
Com relação aos cultivos I e II, é **INCORRETO** afirmar que

A) a absorção da matéria orgânica e de sais minerais resulta na mesma produtividade.
B) a produtividade, tanto em I quanto em II, é resultante da fotossíntese.
C) o húmus contém substâncias que, após decomposição, liberam nutrientes para o solo.
D) o solo e a solução nutritiva atendem, qualitativamente, às necessidades da planta.

05. (Mackenzie-SP) A figura a seguir representa um sistema.

Esse sistema serve para

A) conduzir a seiva bruta, composta de água e sais minerais.
B) conduzir gases como o CO_2, durante a fotossíntese.
C) conduzir seiva orgânica, das folhas às raizes.
D) a transpiração.
E) a gutação, quando a planta perde água pelos hidatódios.

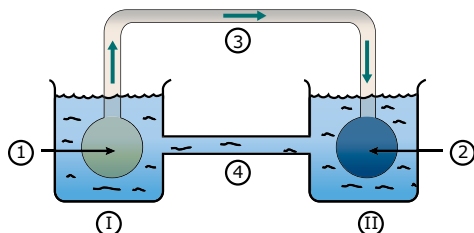
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) Considere o esquema a seguir, que mostra a direção do fluxo de seiva em um vegetal em condições normais.

As setas A e B representam, respectivamente,

A) floema e colênquima.
B) xilema e esclerênquima.
C) xilema e floema.
D) floema e esclerênquima.
E) floema e xilema.

02. (UFMG) Se no tronco de uma árvore for feito um corte em anel cuja profundidade destrua os vasos liberianos, o que acontecerá?

A) A árvore morrerá, porque não haverá ascensão da seiva bruta.
B) Nada acontecerá, porque a parte retirada no corte é morta.
C) A seiva elaborada manterá vivas as partes superiores do caule e as folhas.
D) Com o tempo, a árvore morrerá, porque, embora haja fotossíntese, a seiva elaborada não conseguirá atingir a raiz.
E) A árvore viverá, porque a seiva mineral continuará subindo, permitindo a realização da fotossíntese.

03. (UFMG) Este esquema refere-se a um sistema constituído por dois balões, ① e ②, de membrana semipermeável, que se comunicam através de um tubo de vidro ③. O balão ① contém uma solução concentrada de sacarose, e o balão ② contém somente água. Os dois balões são colocados nos recipientes I e II, que contêm água e se comunicam pelo tubo ④.

Comparando-se o sistema descrito com uma planta viva, a alternativa que contém a correlação **INCORRETA** é

A) 1 – folha
B) 2 – raiz
C) 3 – floema
D) 4 – plasmodesmos
E) I e II – xilema

04. (PUC Minas) Leia atentamente as seguintes afirmativas sobre o transporte de seiva em vegetais superiores:

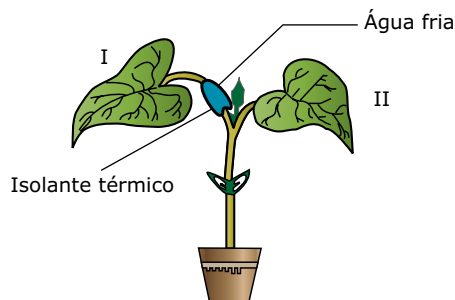
I. A transpiração é o fator mais importante para a subida da seiva bruta.

II. A descida da seiva elaborada depende somente da força da gravidade.

III. O transporte da seiva bruta é realizado por células mortas; o da seiva elaborada, por células vivas.

Assinale,

A) se as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
B) se apenas as afirmativas I e II são verdadeiras.
C) se apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
D) se apenas as afirmativas II e III são verdadeiras.
E) se apenas a afirmativa II é verdadeira.

05. (FCMSC–SP) Diminuindo-se a temperatura do pecíolo, verifica-se que a velocidade com que a seiva elaborada flui também diminui. A figura a seguir representa uma experiência em que isso ocorreu.

Comparando-se a quantidade de amido em I e II, provavelmente encontrar-se-á essa substância

A) nas duas folhas em quantidades iguais.
B) apenas na folha I.
C) apenas na folha II.
D) nas duas folhas, mas em I a quantidade será maior.
E) nas duas folhas, mas em I a quantidade será menor.

06. (FCC-SP) Um ramo de planta, do qual, à meia altura, foi retirado um anel de casca, foi colocado em uma solução colorida. Depois de algumas horas é **PROVÁVEL** que

A) todas as folhas fiquem coloridas.
B) nenhuma folha fique colorida.
C) apenas as folhas abaixo do anel fiquem coloridas.
D) apenas as folhas acima do anel fiquem coloridas.
E) apenas as folhas na zona do anel fiquem coloridas.

07. (PUC Minas) Uma planta é cultivada em vaso e em ambiente sujeito às variações do dia (claro-escuro). De acordo com a teoria do fluxo sobre pressão, que explica a descida da seiva elaborada, se colocarmos essa planta por vários dias no escuro, o fluxo da seiva elaborada

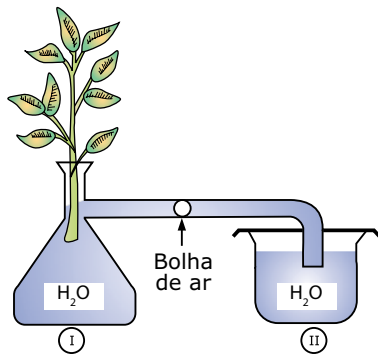
A) permanecerá o mesmo em relação à condição anterior.

B) cessará.

C) aumentará a sua velocidade de descida.

D) diminuirá, mas continuará em fluxo descendente.

E) se inverterá, ocorrendo transporte de seiva da raiz para o caule e folhas.

08. (UFMG) A figura a seguir representa um potômetro usado para verificar a transpiração de uma planta que se encontra num ambiente quente e com ventilação. O potômetro consiste em dois frascos (I e II) que contêm água e estão unidos por um tubo, no interior do qual se encontra uma bolha de ar.

A transpiração da planta será constatada, quando a bolha de ar

A) se deslocar em direção a II.

B) se deslocar em direção a I.

C) oscilar em I e II.

D) permanecer imóvel no centro.

09. (PUC Minas) A epiderme de folhas de vegetais superiores apresenta-se revestida externamente. O nome e a função desse revestimento são, respectivamente,

A) súber; favorecer a respiração.

B) esclerênquima; aumentar resistência.

C) cutícula; reduzir a transpiração.

D) periciclo; formar raízes secundárias.

E) parênquima cortical; adsorção de água.

10. (UFMG) Há plantas que, embora saturadas de água, continuam a absorvê-la, eliminando o excesso através de poros especiais e sob a forma líquida. Esses poros e o fenômeno envolvido recebem, respectivamente, o nome de

A) hidatódios e gutação.

B) hidatódios e transpiração.

C) estômatos e transpiração.

D) estômatos e exsudação.

E) pontuações e gutação.

11. (FUVEST-SP) Atualmente, é comum o cultivo de verduras em soluções de nutrientes, e não no solo. Nesta técnica, conhecida como hidrocultura, ou hidroponia, a solução nutriente deve necessariamente conter, entre outros componentes,

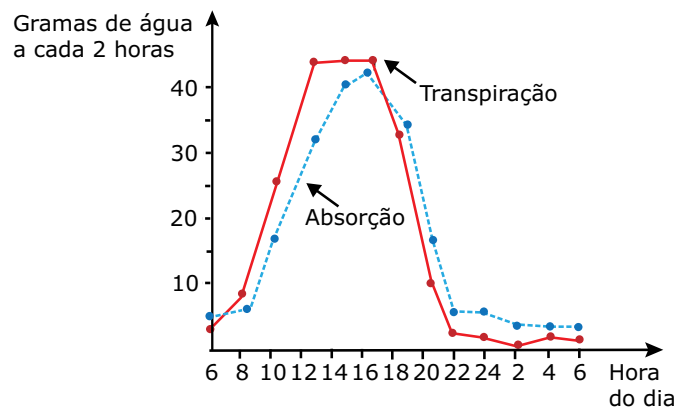
A) glicídios, que fornecem energia às atividades das células.

B) aminoácidos, que são utilizados na síntese das proteínas.

C) lipídios, que são utilizados na construção das membranas celulares.

D) nitratos, que fornecem elementos para a síntese de DNA, RNA e proteínas.

E) trifosfato de adenosina (ATP), que é utilizado no metabolismo celular.

12. (UEL-PR) O gráfico a seguir mostra as taxas de absorção e de transpiração de uma planta durante 24 horas.

A análise do gráfico permite afirmar que

A) a absorção é sempre mais intensa do que a transpiração.

B) a absorção só ocorre durante as horas iluminadas do dia.

C) a transpiração cessa totalmente durante a noite.

D) os dois processos são mais intensos em torno das 16 horas.

E) os dois processos apresentam valores idênticos às 6 horas.

BIOLOGIA

13. (CEFET-MG–2011) As plantas carnívoras são vegetais que complementam sua nutrição com pequenos animais, e, mais raramente, vertebrados. **NÃO** constitui uma característica dessas plantas a

A) absorção de substâncias inorgânicas do solo.

B) ausência de flores como estruturas reprodutoras.

C) capacidade de realizar processos fotossintéticos.

D) produção de enzimas capazes de digerir as presas.

E) obtenção de nitrogênio a partir de proteínas animais.

SEÇÃO ENEM

01. Ao realizar a transpiração estomática, uma planta perde água sob a forma de vapor. Presentes na superfície das folhas, os estômatos são aberturas microscópicas que possuem um mecanismo de abertura e fechamento. Quando abertos, ocorre a saída de água; quando se fecham, cessa a transpiração estomática. Uma folha retirada de um arbusto apresentou um peso a fresco de 1,20 g. Pesada de 5 em 5 minutos, durante 40 minutos, a folha revelou diferenças de peso, conforme mostra a tabela a seguir:

Minutos	Intervalo entre as pesagens da folha	Diferença de peso em gramas
5	1ª e 2ª pesagens	0,15
10	2ª e 3ª pesagens	0,10
15	3ª e 4ª pesagens	0,07
20	4ª e 5ª pesagens	0,04
25	5ª e 6ª pesagens	0,02
30	6ª e 7ª pesagens	0,02
35	7ª e 8ª pesagens	0,02

VESTIBULAR PUC-SP (Adaptação).

Sabendo-se que a diferença de peso da folha está associada a sua taxa de transpiração, pode-se prever que os estômatos dessa folha completaram seu fechamento

A) antes da 1ª pesagem.

B) entre a 1ª e a 3ª pesagem.

C) entre a 4ª e a 5ª pesagem.

D) entre a 5ª e a 6ª pesagem.

E) na 9ª pesagem.

02. (Enem–1998) Alunos de uma escola no Rio de Janeiro são convidados a participar de uma excursão ao Parque Nacional de Jurubatiba. Antes do passeio, eles leem o trecho de uma reportagem publicada em uma revista:

"Jurubatiba será o primeiro parque nacional em área de restinga, num braço de areia com 31 quilômetros de extensão, formado entre o mar e dezoito lagoas. Numa área de 14 000 hectares, ali vivem jacarés, capivaras, lontras, tamanduás-mirins, além de milhares de aves e de peixes de água doce e salgada. Os peixes de água salgada, na época das cheias, passam para as lagoas, onde encontram abrigo, voltando ao mar na cheia seguinte. Nos terrenos mais baixos, próximo aos lençóis freáticos, as plantas têm água suficiente para aguentar longas secas. Já nas áreas planas, os cactos são um dos poucos vegetais que proliferam, pintando o areal com um verde pálido."

Depois de ler o texto, os alunos podem supor que, em Jurubatiba, os vegetais que sobrevivem nas áreas planas têm características tais como

A) quantidade considerável de folhas, para aumentar a área de contato com a umidade do ar nos dias chuvosos.

B) redução na velocidade da fotossíntese e realização ininterrupta desse processo, durante 24 horas.

C) caules e folhas cobertos por espessas cutículas que impedem o ressecamento e a consequente perda de água.

D) redução do calibre dos vasos que conduzem a água e os sais minerais da raiz aos centros produtores do vegetal, para evitar perdas.

E) crescimento sob a copa de árvores frondosas, que impede o ressecamento e consequente perda de água.

GABARITO

Fixação

01. B 02. C 03. E 04. A 05. C

Propostos

01. C 02. D 03. D
04. C 05. D 06. A
07. E 08. B 09. C
10. A 11. D 12. D
13. B

Seção Enem

01. D 02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 24 FRENTE D

Hormônios e movimentos vegetais

HORMÔNIOS VEGETAIS

Os hormônios vegetais ou fitormônios são substâncias orgânicas que atuam no metabolismo vegetal, ajudando a controlar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Essas substâncias, também conhecidas por reguladores do crescimento e desenvolvimento vegetal, podem tanto estimular como inibir esses fenômenos, dependendo da concentração em que se encontram nos órgãos das plantas.

Entre os hormônios vegetais, destacam-se as auxinas, as giberelinas, as citocininas, o ácido abscísico e o etileno.

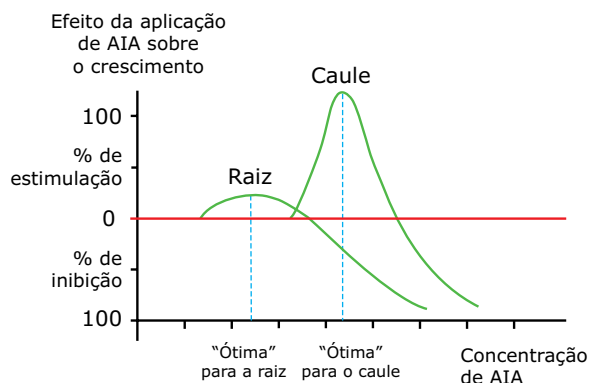
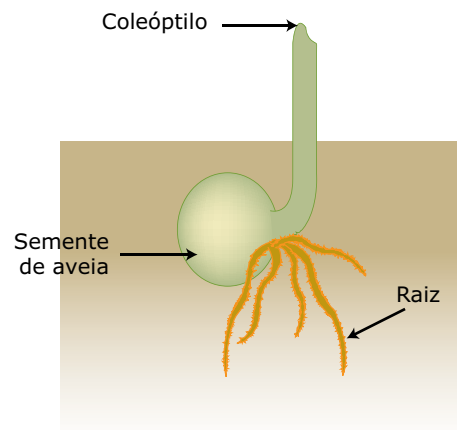
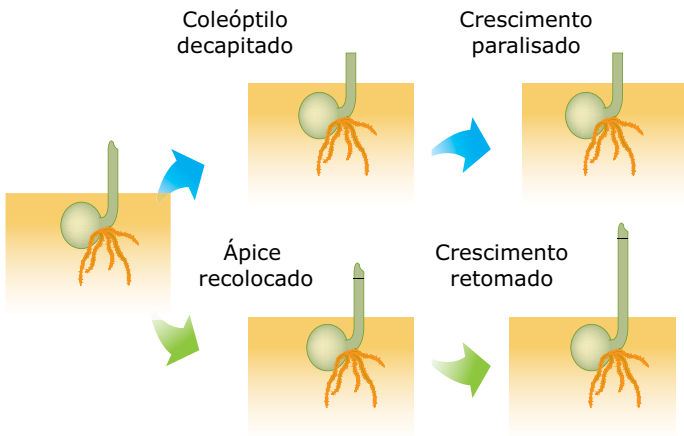
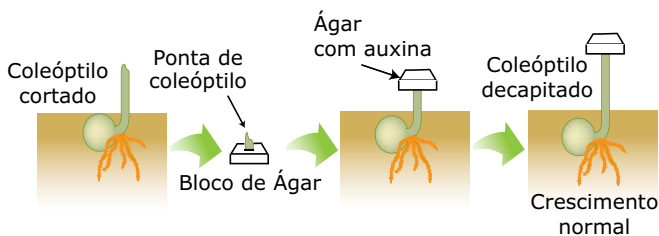
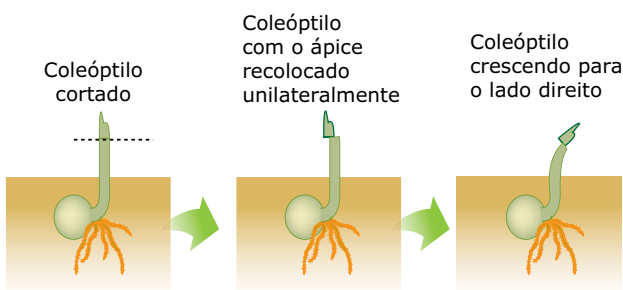
Auxinas

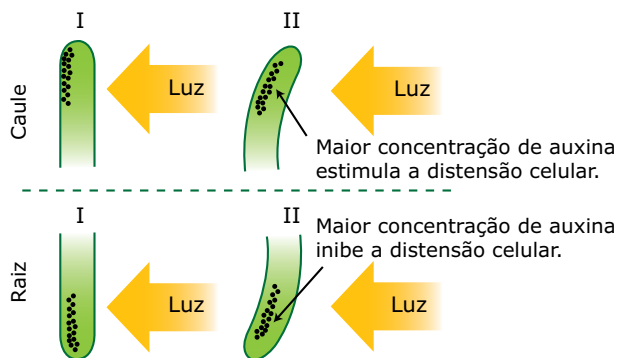
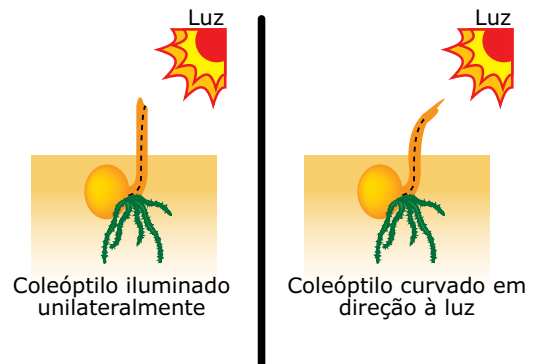
Auxinas (do grego *auxanein*, distender, aumentar) foram os primeiros hormônios vegetais a serem identificados. Têm como principal efeito o crescimento de raízes e de caules, que ocorre por meio do alongamento das células recém-originadas dos meristemas, uma vez que facilitam a distensão das paredes celulósicas das células vegetais. Esse efeito, no entanto, depende da concentração do hormônio; em concentrações muito altas, as auxinas passam a inibir a elongação celular e, portanto, o crescimento do órgão.

Entre as auxinas, destacam-se o AIA (ácido indolilacético), o 2,4–D (ácido diclorofenoxiacético) e o ANA (ácido α-naftalenoacético).

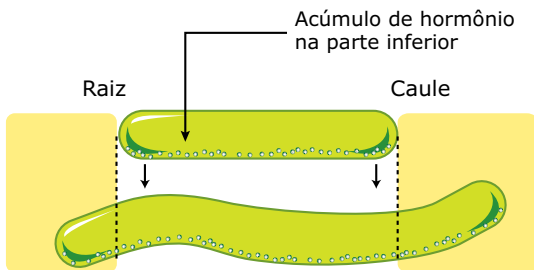
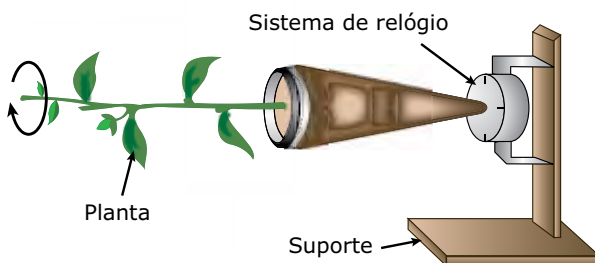
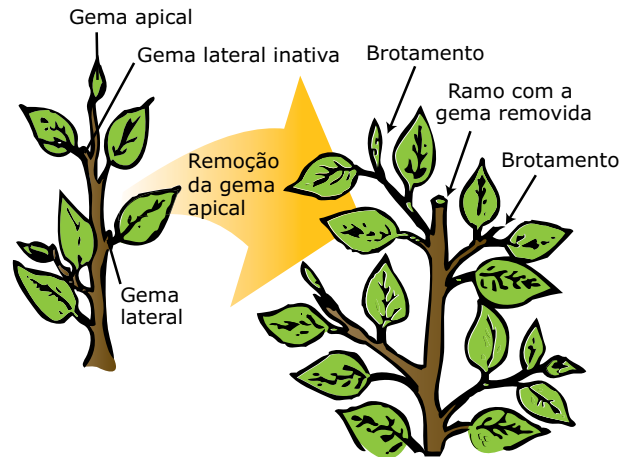
- **AIA (ácido indolilacético)** – É a principal auxina, sendo encontrada nas regiões meristemáticas apicais do caule e da raiz, nos embriões e nas folhas jovens. É produzido a partir do aminoácido triptofano.

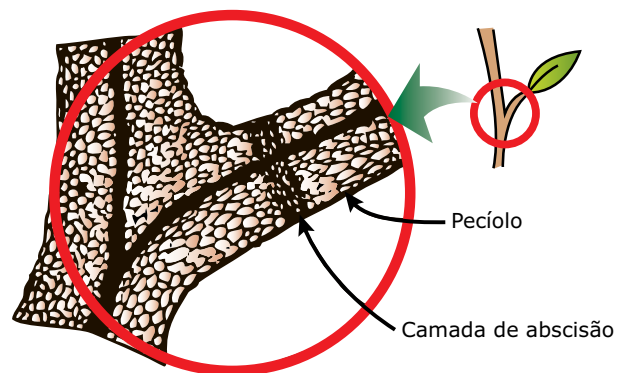
  A sensibilidade das células à ação do AIA não é a mesma nos diferentes órgãos de uma planta. As raízes são, geralmente, muito mais sensíveis à ação da auxina do que os caules. Por isso, uma concentração de AIA suficiente para induzir o crescimento do caule tem forte ação inibidora sobre o crescimento da raiz.

Por outro lado, concentrações de AIA necessárias para induzir o crescimento da raiz podem ser totalmente insuficientes para estimular o crescimento do caule. Veja o gráfico a seguir:

Várias experiências realizadas com coleóptiles de plântulas de aveia e outras espécies de gramíneas comprovam a influência das auxinas, em particular o AIA, no crescimento das plantas. O coleóptile ou coleóptilo, em forma de bainha enrolada, é a primeira folha que se forma na ponta das plântulas de gramíneas (aveia, trigo, arroz, alpiste, etc.). Sua função é proteger a gêmula das gramíneas quando elas emergem do solo durante a germinação da semente.

Semente de aveia no início da germinação

Experimento 1 *– Coleóptilos com o ápice removido param de crescer; no entanto, se o ápice removido for recolocado num coleóptilo decapitado, o crescimento será retomado. Logo, o ápice é fundamental para o crescimento da planta.*

Experimento 2 *– Retira-se o ápice de um coleóptilo, colocando-o sobre um bloco de ágar durante um certo tempo; em seguida, coloca-se esse bloco de ágar sobre um coleóptilo decapitado: observa-se que o crescimento do coleóptilo é retomado. Se colocarmos sobre um coleóptilo decapitado um bloco de ágar que não tenha sido submetido ao procedimento descrito anteriormente, o coleóptilo não crescerá. Logo, alguma substância estimuladora do crescimento e produzida pelo ápice difundiu-se para o ágar e, daí, para o coleóptilo decapitado, estimulando o seu crescimento. Tal substância foi identificada mais tarde como uma auxina, isto é, o AIA.*

Experimento 3 *– Retirando-se o ápice de um coleóptilo e, em seguida, recolocando-se esse ápice sobre o coleóptilo decapitado de uma forma unilateral, ocorre curvatura para o lado oposto àquele em que o ápice foi depositado. Logo, apenas o lado do coleóptilo sobre o qual é recolocado o ápice passa a receber a substância indutora do crescimento (auxina) e, consequentemente, esse lado cresce mais do que o outro, o que provoca a curvatura do coleóptilo para o lado oposto àquele em que o ápice foi colocado.*

As auxinas sofrem influência da luz. Por um processo ainda não totalmente esclarecido, a luz determina uma redistribuição desigual de auxina, fazendo com que essa substância passe para o lado menos exposto à ação da luz, o que promove um maior crescimento desse lado. O maior crescimento do lado menos exposto à ação da luz faz com que o órgão vegetal se curve em direção à fonte de luz, isto é, manifeste um fototropismo positivo. Assim, quando uma planta é iluminada unidirecionalmente, a auxina migra para o lado menos exposto à luz antes de descer pelo caule. Com isso, as células do lado menos iluminado se alongam mais do que as do lado mais iluminado, e a planta se dobra em direção à fonte de luz. Veja a ilustração a seguir:

Ação da luz sobre as auxinas *– O caule das plantas se dobra em direção a uma fonte unidirecional de luz, porque as células da porção não iluminada crescem mais que as da região iluminada, devido à maior concentração de auxina na parte não iluminada do caule. Já nas raízes, o movimento de curvatura do órgão se faz em direção oposta à fonte de luz. No caule, a maior concentração de auxina do lado não iluminado estimula um maior crescimento, enquanto que na raiz determina uma inibição do crescimento. Ocorre, então, a curvatura do caule em direção à luz (fototropismo positivo) e a curvatura da raiz em sentido oposto (fototropismo negativo).*

As auxinas também atuam no geotropismo de caules e raízes. Colocando-se uma planta em posição horizontal, verifica-se que parte do AIA existente na face superior migra, por ação da gravidade, para a face inferior, tanto no caule como na raiz.

Nos caules, o aumento da concentração de auxinas na face inferior provoca aí uma aceleração do crescimento. Assim, crescendo mais pela face inferior, o caule curva-se para cima, em direção contrária à ação da gravidade (geotropismo negativo). Nas raízes, por sua vez, o aumento da concentração de auxinas na face inferior inibe o crescimento nesse local. Então, o crescimento mais acelerado da face superior da raiz faz com que o órgão se curve para baixo, na mesma direção em que atua a gravidade (geotropismo positivo). Veja a ilustração a seguir:

Colocando-se uma planta em posição horizontal adaptada a um disco giratório, a auxina se distribuirá uniformemente pelo caule e pela raiz e, desse modo, não haverá manifestação da curvatura geotrópica.

O AIA também é responsável pelo fenômeno da dominância apical, isto é, o AIA produzido na gema apical do caule desce por ele e, em grande quantidade, chega às células das gemas laterais (axilares). Nas gemas laterais, devido à grande quantidade de auxina, há uma inibição do desenvolvimento desses brotos que, então, permanecem em estado de dormência. Quando se realiza a poda, cortando a gema apical do caule, deixa de haver aquele fluxo contínuo de auxina de cima para baixo (deslocamento polarizado da auxina). Assim, a concentração de auxina nas gemas axilares diminui a uma concentração que passa a estimular o crescimento dos brotos dormentes, originando novas ramificações.

A dominância apical *– Na maior parte das plantas, a gema apical exerce um efeito inibidor sobre o desenvolvimento das gemas laterais. Isso faz com que a planta se ramifique apenas nas regiões mais distantes da gema apical. Quando a gema apical é removida, técnica de jardinagem conhecida por poda, as gemas laterais podem se desenvolver.*

O AIA também exerce ação no fenômeno da abscisão das folhas. Para que uma folha se mantenha inserida no caule, é preciso que o teor de auxina nessa folha seja maior que o do ramo do caule em que ela se encontra. Folhas senescentes ("velhas"), nas quais a produção de auxinas se reduz significativamente, passam a apresentar uma concentração de AIA menor que a do ramo. Forma-se, então, na base do pecíolo, uma camada de abscisão, por onde a folha se desprende e cai. Fato semelhante ocorre com frutos em adiantado estado de maturação.

Zona de abscisão do pecíolo de uma folha

O desenvolvimento dos frutos também está relacionado à ação do AIA. Normalmente, as sementes em desenvolvimento são grandes fontes produtoras de auxinas; o hormônio produzido por elas passa, então, a estimular o desenvolvimento do ovário, promovendo, assim, a formação do fruto. Existem

casos em que os próprios ovários produzem auxinas em quantidade suficiente para provocar o seu desenvolvimento, o que acarreta a formação dos frutos partenocárpicos, que são desprovidos de sementes, como no caso da banana.

A partenocarpia pode ser obtida artificialmente, usando-se uma pasta de AIA aplicada no local ou com pulverização.

- **2,4–D (ácido diclorofenoxiacético)** – É uma auxina sintética usada como herbicida, isto é, usada no combate ao crescimento de ervas daninhas (carrapichos, picões, etc.) em campos de cultivo de monocotiledôneas. As monocotiledôneas são menos sensíveis à ação dessa auxina do que as dicotiledôneas. Assim, a aplicação de grande quantidade desse hormônio em campos de cultivo impede o desenvolvimento de dicotiledôneas indesejáveis (ervas daninhas), sem afetar o desenvolvimento de monocotiledôneas, como o milho.

  Outra importante aplicação dessa auxina é na fruticultura, especialmente na citrocultura. O 2,4–D pulverizado em laranjeiras evita a queda prematura dos frutos, melhorando o rendimento da colheita.

- **ANA (ácido α-naftalenoacético)** – Também é uma auxina sintética utilizada para induzir floração simultânea em plantações de abacaxis, promovendo, além disso, uma maturação simultânea (numa mesma época) de toda a plantação.

Giberelinas

São substâncias normalmente produzidas em pequenas quantidades no embrião das sementes, no meristema apical do caule e em folhas jovens.

Atualmente, são conhecidos mais de vinte tipos diferentes de giberelinas, dos quais o mais comum é o ácido giberélico, também conhecido por giberelina A_3 ou GA_3.

Assim como as auxinas, as giberelinas promovem o crescimento e a distensão celular de caules e de folhas, mas têm pouco efeito sobre o crescimento das raízes. Plantas geneticamente anãs podem crescer e chegar a seu tamanho normal se receberem pulverização desse hormônio.

Juntamente com as auxinas, as giberelinas estimulam o desenvolvimento dos ovários e a consequente formação de frutos. Misturas desses dois hormônios têm sido utilizadas na produção de frutos partenocárpicos.

Esses hormônios também atuam na quebra de dormência de sementes, antecipando o processo de germinação das mesmas. As giberelinas ativam a produção de enzimas que permitem ao embrião utilizar as substâncias de reserva contidas na semente, por exemplo, o amido.

Citocininas

Fitormônios que têm como principal ação estimular a divisão celular (mitoses). São produzidas nas raízes e transportadas, através do xilema, para todas a partes da planta. Embriões e frutos também produzem citocininas.

As citocininas ainda retardam o envelhecimento das folhas. As folhas, ao envelhecerem, ficam amareladas e murchas, o que caracteriza a senilidade. A aplicação de citocininas em certas verduras retarda a senilidade, melhorando, portanto, a preservação desses produtos.

Ácido abscísico (ABA)

É um fitormônio produzido nas folhas, na coifa e no caule, sendo transportado através do sistema de condução da planta. Sua concentração nas sementes e frutos é elevada, mas ainda não está esclarecido se ele é produzido ou se é apenas transportado para esses órgãos.

O ácido abscísico atua como antagonista de outros hormônios vegetais, inibindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas, uma vez que induz a dormência de gemas e de sementes. Assim, esse fitormônio é o principal responsável pelo fenômeno da dormência das sementes, isto é, pelo fato de elas não germinarem imediatamente após serem produzidas. Em certas plantas de regiões áridas, por exemplo, as sementes só germinam após serem lavadas por uma chuva, que remove o excesso de ácido abscísico nelas presente. Em outras espécies de plantas, a quebra da dormência das sementes se faz através de mecanismos que degradam o ácido abscísico. Na maior parte dos casos, é a relação entre as taxas desse hormônio e as taxas de giberelinas que determina se a semente continuará em dormência ou começará a germinar.

Em certas situações, o ácido abscísico também atua no mecanismo de fechamento dos estômatos. Por exemplo, quando o suprimento de água numa planta diminui, a concentração desse hormônio aumenta muito nas folhas, fazendo com que as células-guarda dos estômatos eliminem potássio e se tornem flácidas, o que determina o fechamento do ostíolo.

Etileno

É um hormônio de natureza gasosa produzido em diversas partes da planta. A presença de etileno já foi verificada em todos os órgãos dos vegetais, com exceção das sementes.

Uma de suas funções principais é a de estimular o amadurecimento de frutos. O amadurecimento de um fruto envolve diversas alterações fisiológicas desencadeadas pela presença de etileno, que é produzido naturalmente pelo próprio fruto. Entre essas alterações, destacamos: mudança da coloração, devido à degradação da clorofila e à síntese de novos pigmentos; conversão do amido e de diversos ácidos estocados no fruto em açúcares (frutose, glicose), que lhe dão sabor adocicado; quebra parcial das paredes celulares, tornando os tecidos do fruto mais macios; síntese de diversas substâncias responsáveis pelo sabor típico de cada fruto.

Frutos guardados em conjunto eliminam boas quantidades de etileno. Se estiverem em ambiente fechado, atingirão a maturação mais rapidamente. Um fruto maduro junto de outros ainda verdes provocará o amadurecimento destes mais rapidamente. Por esse motivo é que se diz que um só fruto podre perto de outros sadios provoca o apodrecimento de todos.

Uma importante aplicação prática dos conhecimentos da ação do etileno é o retardamento do processo de amadurecimento dos frutos destinados ao armazenamento e à exportação. Os frutos devem ser transportados e mantidos em câmaras com altas taxas de CO_2, pois esse gás inibe a ação do etileno. Além disso, as câmaras devem ter pequenas taxas de O_2 e baixas temperaturas, já que esses dois fatores inibem a síntese do etileno.

O gás etileno também pode ter outra origem que não as plantas. Quando produzido pela própria planta, fala-se que ele é endógeno; quando de origem externa, é dito exógeno. O etileno exógeno também exerce efeito sobre as plantas. Esse gás é intensamente liberado, por exemplo, pela queima do querosene, da gasolina e da madeira. Por isso, muitos fruticultores estimulam a maturação dos frutos, guardando-os em ambientes com o fogão a lenha aceso ou promovendo a queima de serragem no ambiente. Se for usada alguma outra fonte de calor (eletricidade, por exemplo), não haverá estímulo para a maturação. Isso prova que não é o calor que incentiva a maturação dos frutos, mas alguma substância presente no ar, derivada da queima da madeira.

Muitos fruticultores já dispõem, também, de câmaras de etileno para promover o amadurecimento rápido dos frutos que são coletados ainda verdes.

O etileno ainda tem um efeito indutor de floração. Algumas plantas, como o abacaxi, a maçã e a manga, podem entrar em floração com a queima de serragem, de palha ou do gás que era usado, no passado, na iluminação das ruas. O etileno é um dos produtos dessas queimas.

Outra função do etileno é, juntamente com as auxinas, induzir a abscisão das folhas. Nas regiões de clima temperado, por exemplo, a concentração de auxina nas folhas de plantas decíduas diminui no outono. Isso induz modificações na base do pecíolo, que passa a produzir etileno. Esse hormônio enfraquece as células a tal ponto que o peso da folha é suficiente para romper sua ligação com caule; a folha, então, se destaca e cai.

Uma observação muito antiga é a de que o gás de iluminação provocava intenso desfolhamento das árvores próximas aos postes ou lampiões. Isso era provocado pelo etileno liberado pela queima do gás utilizado nesse tipo de iluminação.

MOVIMENTOS VEGETAIS

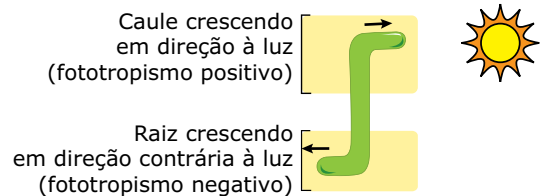
Os movimentos das plantas são reações destas a estímulos ou agentes excitantes do meio externo e, às vezes, do próprio meio interno da planta. Em alguns deles, os agentes e o mecanismo são bem conhecidos. Outros, porém, permanecem objeto de investigação científica. Tais movimentos podem ser dos seguintes tipos: tropismos, tactismos e nastismos.

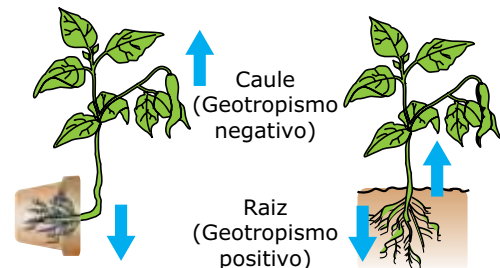
Tropismos

São movimentos de crescimento ou curvatura orientados em relação a um estímulo externo, que podem ser positivos ou negativos. São positivos quando o crescimento se processa no sentido do estímulo ou do agente excitante e negativos quando realizado em sentido contrário.

Entre os tropismos destacamos: fototropismo, geotropismo, quimiotropismo e tigmotropismo.

Fototropismo

Crescimento dos órgãos vegetais orientado segundo o estímulo luminoso (luz). Quando o crescimento se dá em direção à fonte de luz, tem-se um fototropismo positivo; quando o crescimento se dá no sentido contrário à fonte luminosa, tem-se o fototropismo negativo. Em geral, caules e folhas apresentam fototropismo positivo, e as raízes, fototropismo negativo.

Geotropismo (gravitropismo)

Crescimento dos órgãos vegetais orientado segundo o centro da gravidade. Em geral, as raízes apresentam geotropismo positivo e os caules, geotropismo negativo. Quando um órgão, como os ramos laterais, crescem horizontalmente, fala-se em plagiogeotropismo.

Quimiotropismo

Crescimento da estrutura vegetal orientado segundo uma substância química. É o caso, por exemplo, do crescimento do tubo polínico em direção ao óvulo. Tal crescimento é estimulado por substâncias produzidas pelo saco embrionário (gametófito feminino).

Polinização

Tubo polínico em detalhe

Grão de pólen

Estilete

Tubo polínico

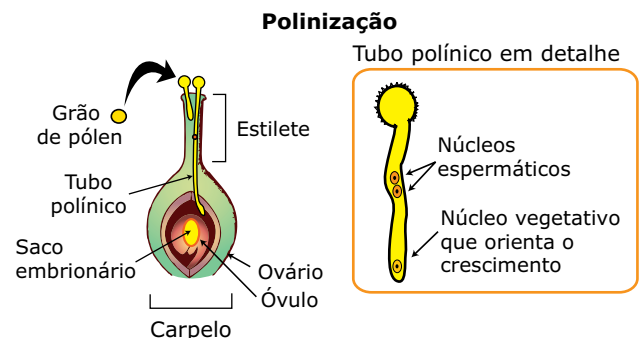
Saco embrionário

Ovário

Óvulo

Carpelo

Núcleos espermáticos

Núcleo vegetativo que orienta o crescimento

Quimiotropismo do tubo polínico

Um caso particular de quimiotropismo é o hidrotropismo, movimento de crescimento orientado pela água, como o verificado nas raízes que crescem em direção a locais onde há maior disponibilidade de água.

Tigmotropismo

Crescimento do órgão vegetal orientado segundo um estímulo mecânico de contato. É o caso, por exemplo, das gavinhas, que crescem se enrolando em torno de um suporte. Admite-se que o enrolamento verificado deve-se ao contato do órgão com o suporte.

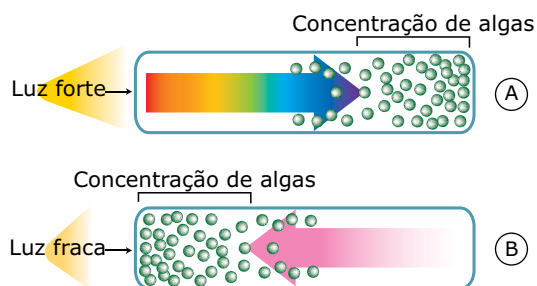
Tigmotropismo *– Ápice de um pé de chuchu mostrando as gavinhas enroladas em um suporte.*

Tactismos

São movimentos de deslocamento orientados em relação a um estímulo ou excitante externo. Também podem ser positivos ou negativos, conforme o deslocamento se dê em direção ao estímulo ou em sentido contrário a este.

Dependendo da natureza do estímulo, podemos ter fototactismo e quimiotactismo.

Fototactismo

É o deslocamento orientado segundo uma fonte de luz. Quando esse deslocamento é feito em direção a uma fonte de luz, temos o fototactismo positivo; quando o deslocamento se dá no sentido contrário à fonte luminosa, temos o fototactismo negativo. Como exemplo, podemos citar o fototactismo realizado por algumas clorófitas (algas verdes), como a *Euglena* e a *Chlamydomonas*.

Fototactismo realizado por* Chlamydomonas *– A. *As algas acumulam-se no lado oposto à fonte de luz intensa. Apresentam, nesse caso, fototactismo negativo.* ***B.*** *As algas modificam seu comportamento quando expostas à luz muito fraca. Ao invés de fugirem da luz, aglomeram-se ao lado desta. O fototactismo agora é positivo.*

Quimiotactismo

Deslocamento orientado segundo uma substância química. Também pode ser positivo ou negativo, conforme esse deslocamento se dê em direção à substância química ou em sentido contrário. Como exemplo, temos o quimiotactismo positivo de anterozoides em direção à oosfera, como ocorre em briófitas e pteridófitas. A atração exercida pela oosfera sobre os anterozoides se deve a substâncias excitantes produzidas por ela e por células do próprio arquegônio.

Nastismos (nastias)

Nastismos, nastias ou movimentos násticos são movimentos não orientados, isto é, independentemente do sentido e da direção de incidência do estímulo ou agente excitante, o movimento sempre ocorrerá segundo um determinado padrão. Esses movimentos tanto podem ser influenciados por fatores difusamente distribuídos na natureza quanto por fatores internos da própria planta. Como exemplos de movimentos násticos, podemos citar:

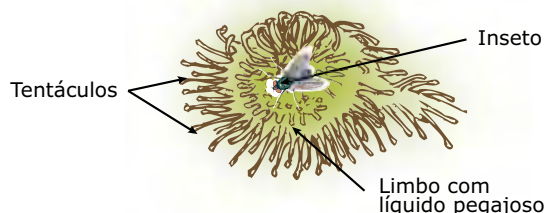
Fotonastismo

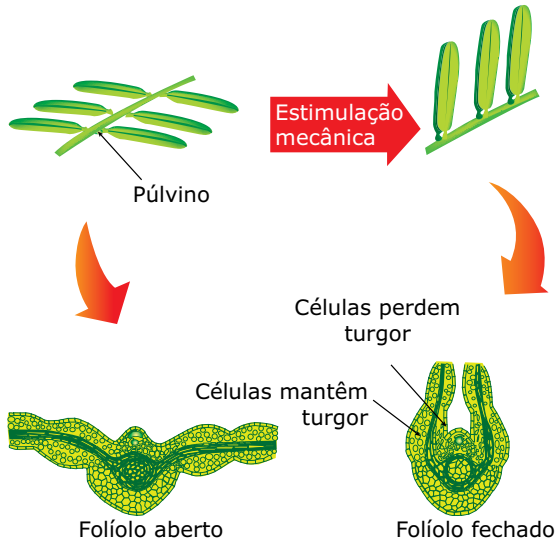
É provocado pelas variações de luz nos períodos dia-noite. Em certas flores, como a dama-da-noite, por exemplo, as pétalas se voltam para cima durante o dia e para baixo durante a noite, posição que promove a abertura da corola. Já no dente-de-leão, a incidência de luz forte faz com que toda a inflorescência se abra, enquanto em luz fraca ou no escuro ela se fecha.

Termonastismo

Movimento desencadeado por variações de temperatura. As flores da tulipa, por exemplo, abrem-se em temperaturas altas e fecham-se em temperaturas baixas.

Tigmonastismo

Movimento observado em plantas insetívoras, como a *Drosera* sp. As folhas dessa planta têm limbo dotado de líquido pegajoso e também possuem tentáculos, em cujo ápice existem bolsas contendo sucos digestivos. Quando um inseto pousa sobre o limbo, fica preso e começa a se debater, o que provoca o movimento dos tentáculos que, entrando em contato com o corpo do inseto, liberam o suco digestivo.

Seismonastismo

Movimento relacionado a alterações relativamente rápidas no turgor (turgescência) de determinadas células. É o que acontece, por exemplo, com as folhas da *Mimosa pudica*, também conhecida por sensitiva ou dormideira. Quando a planta é tocada, as células da base dos seus folíolos murcham rapidamente devido à perda de íon potássio e de água para os ramos, e as folhas dobram-se para cima. Essa reação se propaga rapidamente da região estimulada para as folhas vizinhas, fazendo com que elas também se dobrem. Essa propagação se dá por meio da despolarização das membranas celulares, provavelmente de modo semelhante ao que acontece na propagação do impulso nervoso nos neurônios dos animais, mas com velocidade bem menor.

***Seismonastismo da* Mimosa pudica** – *O dobramento dos folíolos leva entre 1 e 2 segundos e resulta de uma rápida diminuição da turgescência das células dos púlvinos (pequenas dilatações na base dos folíolos, constituídas por células capazes de alterar rapidamente o seu turgor).*

O seismonastismo ocorre ainda em certas plantas insetívoras, como a *Dionaea muscipula*, que fecham rapidamente suas folhas para a captura de insetos. Nessa planta, as folhas são articuladas na região mediana e cada uma de suas metades possui pelos sensitivos. Quando um inseto, atraído pelo néctar, pousa sobre a superfície foliar, ele toca nesses pelos, desencadeando o rápido fechamento da folha, de modo semelhante a uma armadilha. Nesse caso, o toque provocou alterações no turgor das células que mantinham abertas as metades da folha.

Folha de Dionaea, com limbo articulado para capturar insetos.

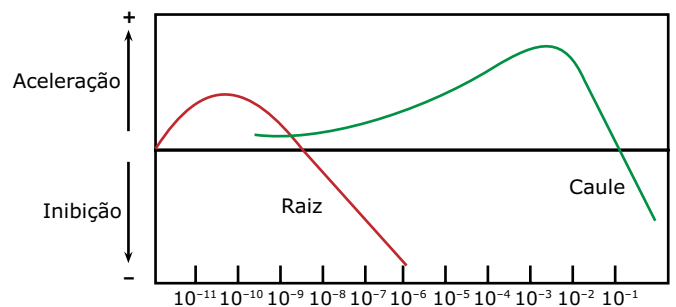
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFSCar-SP) Analise os quatro casos a seguir:

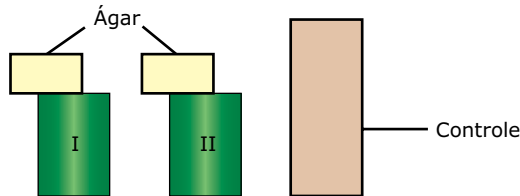
Caso 1	Algas do gênero *Chlamydomonas* são muito ágeis, fazendo movimentos muito rápidos, por meio de rotação de dois flagelos. Submetendo-se uma cultura dessas algas a um foco de luz intensa, elas se acumulam do lado oposto ao da incidência da luz, enquanto a um foco de luz fraca elas se aglomeram ao seu redor.
Caso 2	Ervas-de-passarinho, pertencentes à família das lorantáceas, germinam sobre a casca de outras plantas. A primeira raiz, orientada pela direção de incidência dos raios luminosos, dirige-se para o suporte, nele se fixando e originando raízes sugadoras.
Caso 3	Há plantas cujas pétalas se abrem fazendo uma curvatura para a base da flor, quando são iluminadas. Variando a direção de incidência dos raios luminosos, a reação é sempre a mesma.
Caso 4	As folhas de *Mimosa pudica*, quando excitadas por um toque, lesão, ou descarga elétrica, dobram imediatamente seus folíolos.

Os casos exemplificam, respectivamente,

A) tactismo, tropismo, nastismo, seismonastia.
B) tropismo, tactismo, nastismo, seismonastia.
C) seismonastia, tactismo, tropismo, nastismo.
D) nastismo, tropismo, tactismo, seismonastia.
E) tactismo, seismonastia, nastismo, tropismo.

02. (UFMG)

Verificando o gráfico relacionado com o crescimento dos vegetais e a concentração de auxina, qual a alternativa que **MELHOR** interpreta os resultados nele contidos?

A) A mesma concentração de auxina provoca o crescimento do caule e da raiz com igual intensidade.
B) O crescimento máximo da raiz é estimulado pela mesma concentração de auxina que provoca o crescimento máximo do caule.
C) O crescimento da raiz é inibido por concentrações de auxina inferiores àquelas que inibem o crescimento do caule.
D) O crescimento da raiz é estimulado por concentrações de auxina superiores àquelas que estimulam o crescimento do caule.
E) Existe uma concentração de auxina que estimula, ao mesmo tempo, crescimento igual da raiz e do caule.

03. (FCMSC-SP) Foi realizado o seguinte experimento: de dois coleóptilos retiraram-se as pontas e colocaram-se blocos de ágar contendo hormônio de crescimento, conforme o esquema mostrado a seguir (observar a presença de um controle):

Após certo tempo,

A) I curva-se para a esquerda e II curva-se para a direita.

B) I curva-se para a direita e II curva-se para a esquerda.

C) ambos curvam-se para o mesmo lado se mantidos ambos no escuro.

D) ambos se comportarão como controle se os três coleóptilos forem mantidos no escuro.

E) se os três coleóptilos forem iluminados unilateralmente, o crescimento dos três será exatamente o mesmo e uniforme.

04. (PUC Minas) É muito comum escutar

I. uma maçã podre, no meio de outras sadias, provoca deterioração das demais.

II. uma laranja podre, num saco de laranjas, faz apodrecer as demais.

III. embrulhar abacate em jornais favorece seu amadurecimento.

IV. pendurar cacho de bananas perto do fogão à lenha favorece seu amadurecimento.

V. colocar frutas de exportação em presença de CO_2 e temperaturas baixas evita seu amadurecimento.

Isso pode ser explicado, entre outros fatores, pelo seguinte hormônio:

A) Auxina

B) Giberelina

C) Citocinina

D) Etileno

E) Ácido abscísico

05. (UFC) Os movimentos de curvatura das plantas determinados e orientados por estímulos do meio externo denominam-se

A) tactismos.

B) nastismos.

C) cineses.

D) tropismos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UDESC–2010) Os hormônios vegetais são substâncias que estimulam, inibem ou modificam os processos fisiológicos da planta. Eles podem agir à distância do seu local de síntese e são específicos.

Associe a primeira coluna de acordo com a segunda.

(1) Auxina

(2) Giberelina

(3) Ácido abscísico

(4) Etileno

(5) Citocinina

( ) Envelhecimento vegetal, queda das folhas e amadurecimento de frutos.

( ) Divisão celular e desenvolvimento de gemas laterais.

( ) Inibição da germinação de sementes e das gemas durante condições desfavoráveis.

( ) Alongamento de caule e estímulo à formação de raízes.

( ) Estímulo à germinação de sementes.

Assinale a alternativa que contém a sequência **CORRETA**, de cima para baixo.

A) 4 – 3 – 5 – 1 – 2

B) 5 – 3 – 2 – 1 – 4

C) 5 – 4 – 3 – 2 – 1

D) 4 – 5 – 3 – 1 – 2

E) 3 – 5 – 4 – 2 – 1

02. (PUC-SP) O mecanismo de brotamento nos vegetais após a realização da poda baseia-se no fato de terem sido eliminados órgãos

A) formadores de AIA, cujo excesso inibe o crescimento de outras gemas.

B) inibidores da formação de AIA, que provia o crescimento de outras gemas.

C) que utilizavam todo o AIA da planta, promotor de crescimento.

D) que destruíam todo o AIA da planta.

E) que impediam a síntese de AIA.

03. (Mackenzie-SP) Carros frigoríficos são usados para transportar frutos a grandes distâncias, sem que amadureçam. Isso é possível, pois a baixa temperatura

A) acelera o processo de respiração e aumenta a auxina.

B) inibe a síntese de gás etileno e reduz a respiração.

C) aumenta a quantidade de ácidos e interrompe a fotossíntese.

D) inibe a decomposição da clorofila e aumenta a produção de etileno.

E) inibe a respiração e acelera a fotossíntese.

04. (PUC Minas) A poda de produção de fruticultores é feita com finalidade de aumentar o número de ramos e, consequentemente, flores e frutos. O hormônio responsável por esse efeito é

A) 2,4-D.
B) ABA.
C) GA_3.
D) ANA.
E) AIA.

05. (FUVEST-SP) Um dos gases liberados por automóveis é o etileno. Esse gás poderá causar nas plantas

A) queda das folhas.
B) aumento da pilosidade das raízes.
C) retardamento da senescência foliar.
D) maior crescimento longitudinal dos ramos.
E) retardamento da degradação da clorofila.

06. (UFRGS) Um comerciante de maçãs, após transportá-las ainda verdes por 10 dias, em uma câmara frigorífica, deixou-as em ambiente natural e mandou que fossem queimados 100 quilos de serragem, de tal forma que a fumaça entrasse em contato com as frutas. Esse procedimento acelerou o amadurecimento das maçãs, porque

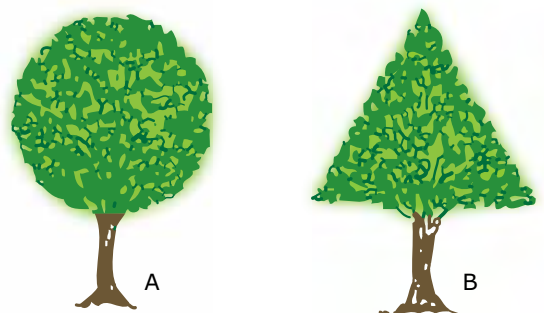
A) diminuiu a quantidade de O_2 no ambiente.
B) a fumaça da queima inativou os hormônios do amadurecimento nas maçãs.
C) aumentou a quantidade de CO_2 no ambiente.
D) a queima da serragem liberou etileno.
E) para amadurecer mais rapidamente 1 quilo de maçãs, deve-se queimar 10 quilos de serragem.

07. (FCC-SP) Se no esquema a seguir a planta, durante alguns dias, der lentamente uma volta em torno de si mesma, a cada minuto e de acordo com o sentido da flecha, ao fim desse tempo você espera que

A) não haja modificações na direção ou no sentido do crescimento do caule.
B) ela apresente um geotropismo negativo no caule.
C) ela apresente um geotropismo positivo no caule.
D) haja inversão do sentido de crescimento do caule.
E) ela cresça em zigue-zague.

08. (VUNESP) Ao se fazer uma cerca viva, podam-se os ápices das plantas. Essa técnica, desenvolvida pelos agricultores muito antes de se conhecer os hormônios vegetais, consiste em

A) estimular a dominância apical.
B) estimular a dormência das gemas laterais.
C) estimular a produção de auxina para manter a dominância apical.
D) impedir a quebra da dormência das gemas laterais.
E) impedir a produção de auxinas pelas gemas apicais, que inibem as gemas laterais.

09. (UFMG) As figuras ilustram o formato de duas árvores, em função da prática de poda realizada por jardineiros.

Todas as alternativas apresentam explicações para a manutenção, por um certo tempo, da poda realizada nas árvores representadas, **EXCETO**

A) As gemas, nas plantas A e B, crescem devido à ação de hormônios.
B) A gema apical, na planta B, exerce dominância sobre as gemas laterais, inibindo o desenvolvimento de galhos novos.
C) As gemas laterais estimulam o crescimento da gema apical, na planta B, promovendo um crescimento desigual de folhas.
D) As gemas laterais, na planta A, desenvolvem-se na ausência da gema apical.

10. (FCMSC–SP) Existem flores, como a dama-da-noite, cujas pétalas se curvam para cima durante o dia e para baixo durante a noite, abrindo-se. Esse tipo de movimento é

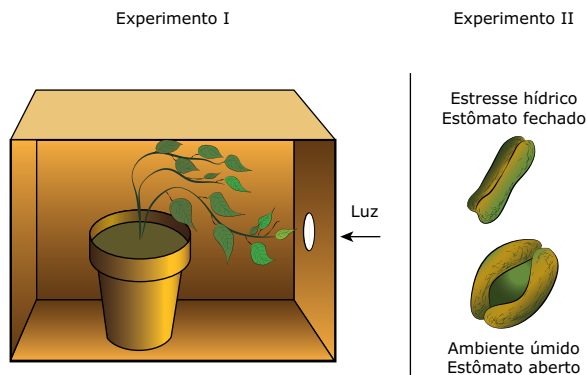
A) geotropismo.
B) tigmotropismo.
C) quimiotropismo
D) tactismo.
E) nastismo.

11. (UFAC–2011) A adaptação dos vegetais ao meio ambiente e às situações de estresse a que eles podem estar expostos é resultado de um eficiente mecanismo metabólico, onde os hormônios desempenham papel fundamental. As figuras a seguir ilustram dois experimentos clássicos realizados com vegetais.

Experimento I

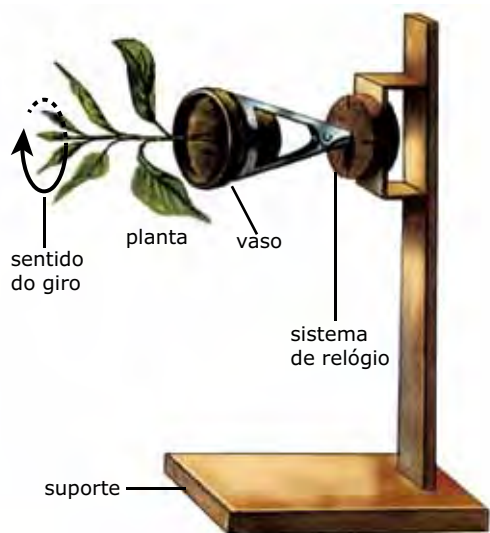
Experimento II

Estresse hídrico
Estômato fechado

Ambiente úmido
Estômato aberto

A opção que indica, respectivamente, os hormônios vegetais envolvidos com os resultados dos experimentos observados é:

A) Auxina e giberelina
B) Auxina e etileno
C) Ácido abscísico e etileno
D) Citocinina e giberelina
E) Auxina e ácido abscísico

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2010) A produção de hormônios vegetais (como a auxina, ligada ao crescimento vegetal) e sua distribuição pelo organismo são fortemente influenciadas por fatores ambientais. Diversos são os estudos que buscam compreender melhor essas influências. O experimento seguinte integra um desses estudos.

O fato de a planta do experimento crescer na direção horizontal, e não na vertical, pode ser explicado pelo argumento de que o giro faz com que a auxina se

A) distribua uniformemente nas faces do caule, estimulando o crescimento de todas elas de forma igual.
B) acumule na face inferior do caule e, por isso, determine um crescimento maior dessa parte.
C) concentre na extremidade do caule e, por isso, iniba a crescimento nessa parte.
D) distribua uniformemente nas faces do caule e, por isso, iniba o crescimento de todas elas.
E) concentre na face inferior do caule e, por isso, iniba a atividade das gemas laterais.

02. Em ruas e avenidas arborizadas, periodicamente as companhias distribuidoras de eletricidade realizam cortes da parte superior das árvores que estão em contato com os fios elétricos de alta tensão. As podas são necessárias para evitar problemas que podem ocorrer em dias chuvosos e de fortes ventos.

O hormônio vegetal responsável pelo alongamento dos caules e raízes é o AIA (ácido indolilacético). No caule, o principal local de produção deste hormônio é a gema apical que, enquanto presente, inibe o desenvolvimento das gemas laterais, fenômeno conhecido por dominância apical. A poda consiste na retirada da gema apical e, consequentemente, ao fazê-la cessa a dominância apical, o que permite as gemas laterais se desenvolverem formando novos ramos.

Com base nas informações do texto e em outros conhecimentos sobre a fisiologia vegetal, é correto dizer que após o corte da região apical que estava atingindo os fios elétricos poderá ocorrer

A) interrupção apenas do desenvolvimento das gemas laterais.
B) interrupção do desenvolvimento da gema apical e das gemas laterais.
C) desenvolvimento das gemas laterais, formando novos ramos.
D) desenvolvimento da gema apical, diminuindo a formação de novos ramos laterais.
E) desenvolvimento da gema apical, estimulado pelas gemas laterais.

GABARITO

Fixação

01. A 02. C 03. C 04. D 05. D

Propostos

01. D 04. E 07. A 10. E
02. A 05. A 08. E 11. E
03. B 06. D 09. C

Seção Enem

01. A 02. C